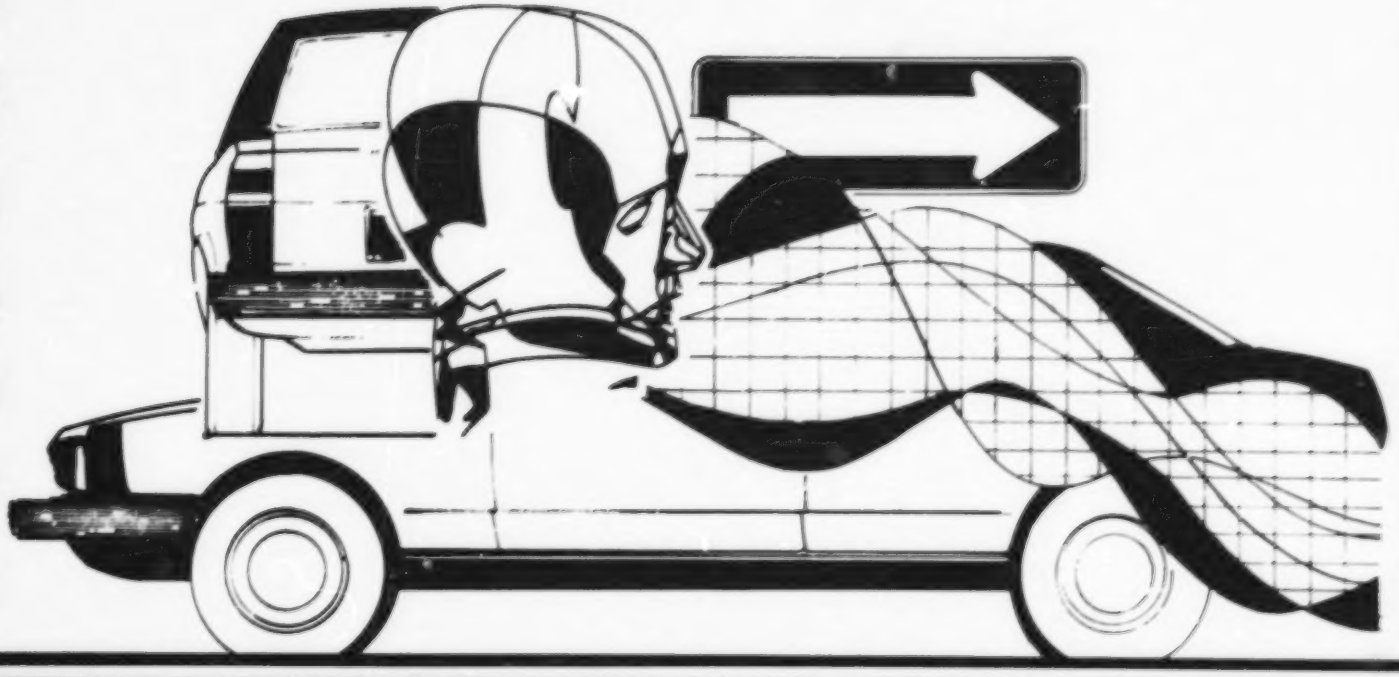
TP 9877 E

PASSENGER CAR FLEET FUEL CONSUMPTION ESTIMATION PROGRAM: EXAMPLES OF USE



Transport Canada
Road Safety

Transports Canada
Sécurité routière

Canada

PASSENGER CAR FLEET FUEL CONSUMPTION ESTIMATION PROGRAM: EXAMPLES OF USE

Transport Canada / Transports Canada

PUBLICATION DATA FORM

1. Transport Canada Publication No.	2. Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 9877 E	PERD 4082	

4. Title and Subtitle

Passenger Car Fleet Fuel Consumption Estimation Programme: Examples of Use

5. Publication Date: March 1989

6. Performing Organization Document No.:

7. Author(s)
David C. Biggs

8. Transport Canada File No.
ASF 3261-134-20

9. Performing Organization Name and Address
Bureau of Management Consulting
Supply & Services Canada
365 Laurier Avenue W.
OTTAWA, Ontario
K1A 0S5

10. DSS File No.
4-7441

11. DSS or Transport Canada Contract No.:

12. Sponsoring Agency Name and Address
Traffic Safety Standards & Research Branch

13. Type of Publication and Period Covered
Final

14. Sponsoring Agency Code:

15. Supplementary Notes
Project funded by Panel on Energy R&D

16. Project Officer
E.R. Welbourne

17. Abstract

This report demonstrates four typical applications of a passenger car fleet fuel consumption estimation programme developped by the Bureau of Management Consulting for Transport Canada.

The programme is used to determine the effect of various factors on the overall fuel consumption of passenger cars in Canada. The factors studied in this report include changes in average speeds and traffic volumes on urban streets, changes in average speed on rural highways and freeways, vehicle technology improvements and a shift in the percentage of driving done in each vehicle class.

Data for the 1987 Canada passenger car fleet is used and realistic estimates of "on-road" fuel savings are given. The effect of cold start, however, is not included due to a lack of reliable data.

18. Key Words
Fuel Consumption
Modeling

19. Distribution Statement
Limited number of copies available from Road Safety Promotion (ASFCB), Transport Canada, Ottawa, Ontario K1A 0N5

20. Security Classification (of this publication)	21. Security Classification (of this page)	22. Declassification (date)	23. No. of pages	24. Price
UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED		25	

90-04491/1

EXECUTIVE SUMMARY

The passenger car fleet consumes approximately 23% of all petroleum fuel consumed in Canada and reductions in this portion will have a significant effect on total petroleum fuel consumption.

Fuel conservation has been important in the last 10 years as petroleum fuel is a scarce non-renewable resource which accounts for a significant portion of transportation costs and can be subject to large fluctuations in availability and price. In addition, since fuel consumption is closely related to the amount of vehicle emissions, reductions in fuel consumption also reduce air pollution. With increasing evidence that the rise in air pollution is creating the 'greenhouse effect', fuel conservation must continue to be given high priority by energy and transport planners.

The Vehicle Systems Division of the Road Safety and Motor Vehicle Regulation Directorate (Transport Canada) commissioned the Bureau of Management Consulting to develop a passenger car fleet fuel consumption estimation program which has now been completed. The program can be used for estimating the effect on fuel consumption of changes in vehicle parameters and usage, and road and operating speed characteristics. The program is designed for use by road transport and energy planners and administrators, is easy to use and runs on an IBM compatible personal computer.

This report briefly describes the passenger car fleet fuel consumption estimation program and illustrates the range of applications of the program through a series of examples. Data for the 1987 passenger car fleet is used and realistic estimates of 'on-road' fuel savings are given. The program does not, however, model the effect of cold starts, due to lack of reliable data, which results in estimates being, on average, 10% less than on-road values.

The following applications of the program are covered:

1. Urban Streets - effect of changes in average speeds, traffic volumes, percentage of stopped time, number of stops and a switch in driving from urban streets to expressways.

2. Rural Highways and Freeways - effect of changes in average speed.

3. Vehicle Technology Improvements - effect of improvements in efficiency, engine size, aerodynamic drag, rolling resistance, mass, fuel cut-off when stopped and ability to re-use a proportion of the energy currently dissipated in the brakes.

4. Vehicle Preference and Tires - effect of a shift in percentage of driving done in each vehicle class and use of radial tires and recommended tire inflation pressure on all cars.

CONTENTS

		Page
EXECUTIVE SUMMARY		(i)
TABLE OF CONTENTS		(iii)
1. INTRODUCTION		1
2. DESCRIPTION OF PROGRAM		2
3. EXAMPLES OF USE		3
3.1 Urban Streets		3
3.1.1	Average Speed	4
3.1.2	Traffic Volume	5
3.1.3	Stopped Time	6
3.1.4	Number of Stops	7
3.1.5	Switch from Urban Street to Expressway	8
3.2 Rural Highways and Freeways		9
3.3 Vehicle Technology Improvements		10
3.3.1	Vehicle Technology Improvements	11
3.3.2	Aerodynamic Drag	11
3.3.3	Vehicle Mass	13
3.3.4	Comparison of Effect of Various Technological Improvements	15
3.4 Choice of Vehicle and Tire Maintenance		16
3.4.1	Choice of Vehicle	16
3.4.2	Tire type and Inflation Pressure	17
4. CONCLUSIONS		18
REFERENCES		19

1. INTRODUCTION

The passenger car fleet consumes a major portion of all petroleum fuel consumed in Canada, as shown in Figure 1. Reductions in passenger car fleet fuel consumption will therefore have a significant effect on the total consumption of petroleum fuel.

Fuel conservation has been important in the last 10 years as petroleum fuel is a scarce non-renewable resource which accounts for a significant portion of transportation costs and can be subject to large fluctuations in availability and price. In addition, since fuel consumption is closely related to the amount of vehicle emissions, reductions in fuel consumption also reduce air pollution. It is, perhaps, this last factor which is now presenting the greatest challenge as there is fairly conclusive evidence [2][1] that the rise in air pollution is starting to create the 'greenhouse' effect. This effect could cause major changes to the world's weather patterns and have a disastrous effect on many regions [3, 4, 5]. Fuel conservation must therefore continue to be given high priority by energy and

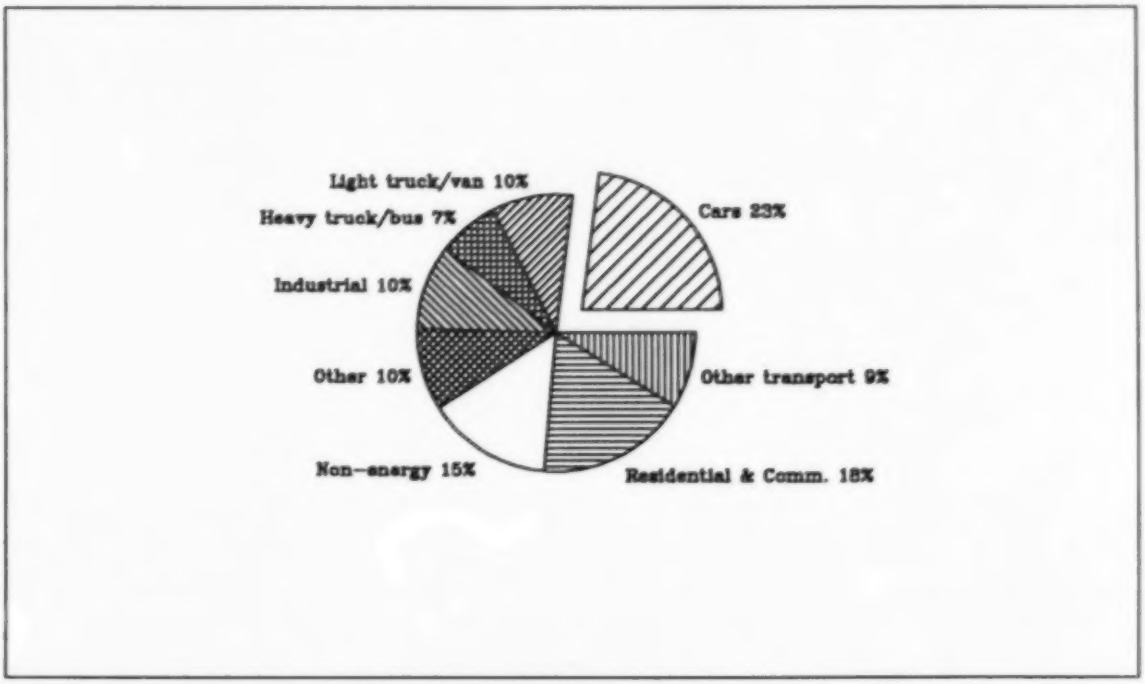


Figure 1: Major users of petroleum fuel in Canada in 1987 [1]

1 Numbers in brackets correspond to documents listed in the REFERENCES section

transport planners and further actions must be taken to reduce vehicle fuel consumption and emissions.

Three main avenues for reducing fuel consumption are through technological improvement to vehicles, improvement to the road system and modification of people's choice of vehicles and driving behaviour. These different approaches, combined with the dynamic nature of the vehicle fleet, make it difficult to accurately predict the effectiveness of changes designed to reduce fuel consumption.

Against this background, the Vehicle Systems Division of the Road Safety and Motor Vehicle Regulation Directorate of Transport Canada commissioned the Bureau of Management Consulting to develop a passenger car fleet fuel consumption estimation program. The task has now been completed and is reported in reference [6]. The program can be used for estimating the effect on passenger car fleet fuel consumption of changes in vehicle parameters and usage, and road and operating speed characteristics. The program is designed for use by road transport and energy planners and administrators, is easy to use and runs on an IBM compatible personal computer.

This report briefly describes the passenger car fleet fuel consumption estimation program and illustrates the range of applications of the program through a series of examples.

2. DESCRIPTION OF PROGRAM

The passenger car fleet fuel consumption estimation program uses a power-based fuel consumption model which estimates the individual power components which contribute to fuel consumption (e.g., rolling and aerodynamic drag). This approach is far superior to the use of the typical average travel speed model as it allows the effect of, varying vehicle parameters, speeds and roadway and environmental conditions, to be estimated by considering their effect on the power requirements of the vehicle. These, unlike fuel consumption, can be calculated from a sound theoretical basis or using controlled experimental tests. In addition, the power-based model allows commonly used vehicle parameters to be included explicitly in the model. The fuel consumption model used by the program is described in detail in Part 1 of the main report [6].

The program includes five variables for describing travel characteristics. These variables and their possible categories are given below:

Vehicle Class	Vehicle Age Class	Season	Roadway Type	Road Weather Condition
Sub-compact	0-3 years	Winter	Urban Street	Dry
Compact	4-6 years	Spring	Urban Express	Wet
Intermediate	7 + years	Summer	Rural Highway	Snow
Large		Autumn	Rural Freeway	

Vehicle parameters are allowed to vary between vehicle and vehicle age classes, operating speed and road parameters vary between roadway types, and weather conditions and on-the-road tire pressures vary with season. An input data set for the 1987 passenger car fleet is provided with the program. The methods used to calibrate this data set are described in Part 2 of the main report [6].

The program has two main parts, one which outputs fuel consumption estimates in the form requested by the user, and one that allows the user to test the sensitivity of fuel consumption to changes in the proportion of travel, speed and/or vehicle parameters. The program prints one, two or three-way tables of the fuel consumption or fuel consumption rate and the distance travelled for any of the first four sets of categories given above (i.e., excluding road weather conditions). Units can be either litres or U.S. gallons. A user guide for the program is given in Part 3 of the main report [6].

The effect of cold starts on fuel consumption has not been included in the program due to the lack of consistent data available to model its effect. Cold starts have a proportionally greater effect for short trips and during the winter season. The increase in fleet fuel consumption due to cold starts is of the order of 10%

Comparisons of estimated fuel consumption with values found from the Fuel Consumption Survey [7] indicate that the program estimates on-road fuel consumption rates well apart from the effect of cold starts.

3. EXAMPLES OF USE

The following examples are based on the data set for the 1987 passenger car fleet provided with the program. The examples were chosen to illustrate the wide range of applications of the program rather than provide a consistent, detailed investigation of the effects of changes to factors affecting fuel consumption.

3.1 Urban streets

Driving on urban streets accounts for 57% of the total distance travelled by passenger cars in Canada and for 61% of total

passenger car fuel consumption. The average travel speed on urban streets is only 33 km/h and 17% of travel time is spent stopped. The amount of speed fluctuation, measured in terms of positive kinetic energy changes per unit mass per unit distance, is 0.22 J/kg.m, which is equivalent to approximately 1.6 stops or major slow-downs per kilometer. Traffic volumes are continually increasing causing greater pressure on the urban street networks and, with budgetary restraints on the expansion of the network, speeds characteristics could deteriorate and have a significant effect on fuel consumption.

3.1.1. Average Speed

Figure 2 shows how the fuel consumption rate of a vehicle varies with changing average speeds for the four vehicle classes. Typical values (default values provided by the program) of the amount of stopped time and speed fluctuation given the average speed are used. The large effect of vehicle class is clearly evident and the effect of changes in average speed are shown to be greater for large vehicles than for small vehicles. Over all vehicles, a decrease in average speed from 33 to 30 km/h would increase urban street fuel consumption by 4.7% and an increase in average speed to 36 km/h would result in a decrease in fuel consumption of 3.5%.

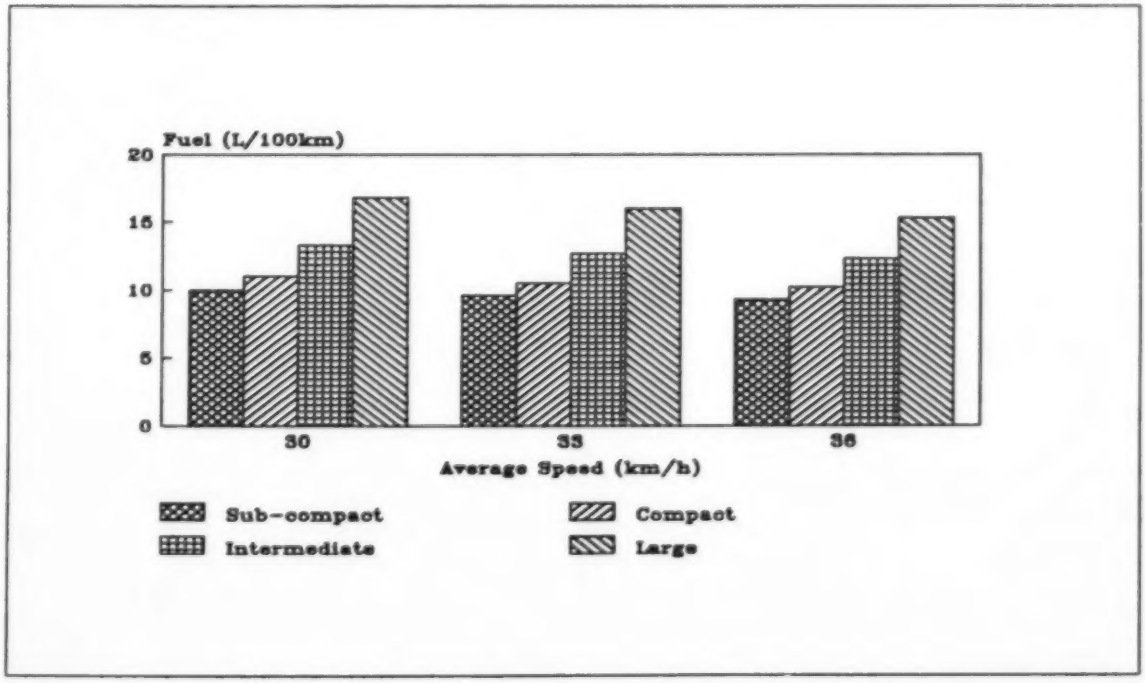


Figure 2: Effect of average speed on the fuel consumption rate of passenger cars on urban streets

Figure 2 shows the effect of speed changes on the fuel consumption rate of particular vehicles. Consider now the effect of speed changes on total urban street fuel consumption. Figure 3 shows total urban fuel consumption for each vehicle class for a range of speeds and the percentage change in total fuel consumption for a change in average speed from the present average speed of 33 km/h. Large vehicles consume 41% of urban street fuel consumption despite accounting for only 18% of the distance travelled. The figure shows that even a small decrease of 2 km/h in average speed would increase urban street fuel consumption by 2.9% or 262 million litres.

3.1.2 Traffic Volume

Increases in traffic volume will increase fuel consumption by the same proportion provided the capacity of the road network is expanded so that operating speed characteristics remain the same. However, if capacity is not expanded, average speeds will decrease and fuel consumption rates per vehicle increase. Using a volume-average speed relationship given in Lay [8], the effects on fuel consumption and travel time of increases in traffic volume, assuming no improvements to the road network, are shown in Figure 4. Fuel consumption increases at a much greater rate than the increase in traffic volume, but at a slower rate than

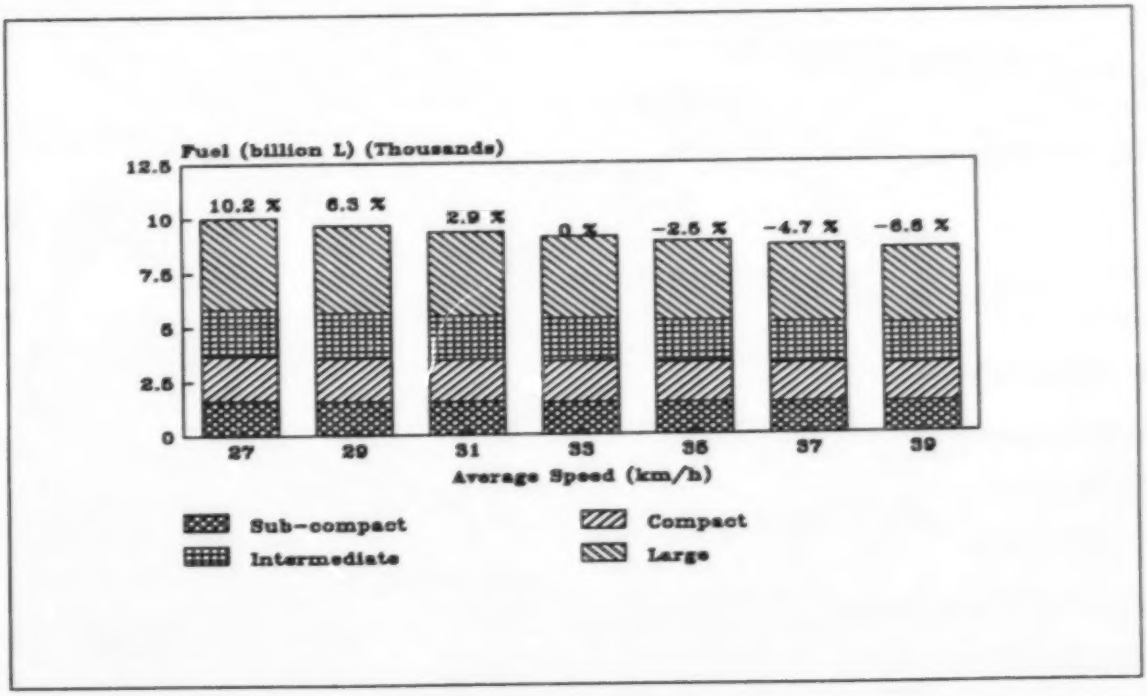


Figure 3: Effect of average speed on the fleet fuel consumption of passenger cars on urban streets

travel time. For example, a 6% increase in traffic volume with no change to the road network would decrease average speeds from 33 to 29 km/h and increase fuel consumption by 13% and travel time by 21%.

3.1.3 Stopped Time

The effects of average travel speed given above include the effects of changes in both stopped time and average running speed (i.e., average speed while vehicle is moving). The program allows the effects of changes in stopped time, given the same running speed, to be easily investigated. Improvements to signalized intersections such as installing vehicle detectors and linking adjacent signals is a cost effective way of reducing stopped time and the number of stops.

The effect of a 50% change in stopped time on the fuel consumption rate of each class of vehicle on urban streets is shown in Figure 5. Currently, the average percentage of stopped (idle) time on urban streets is 17%. On average, a 50% increase (decrease) in stopped time will increase (decrease) fuel consumption by 3.2%.

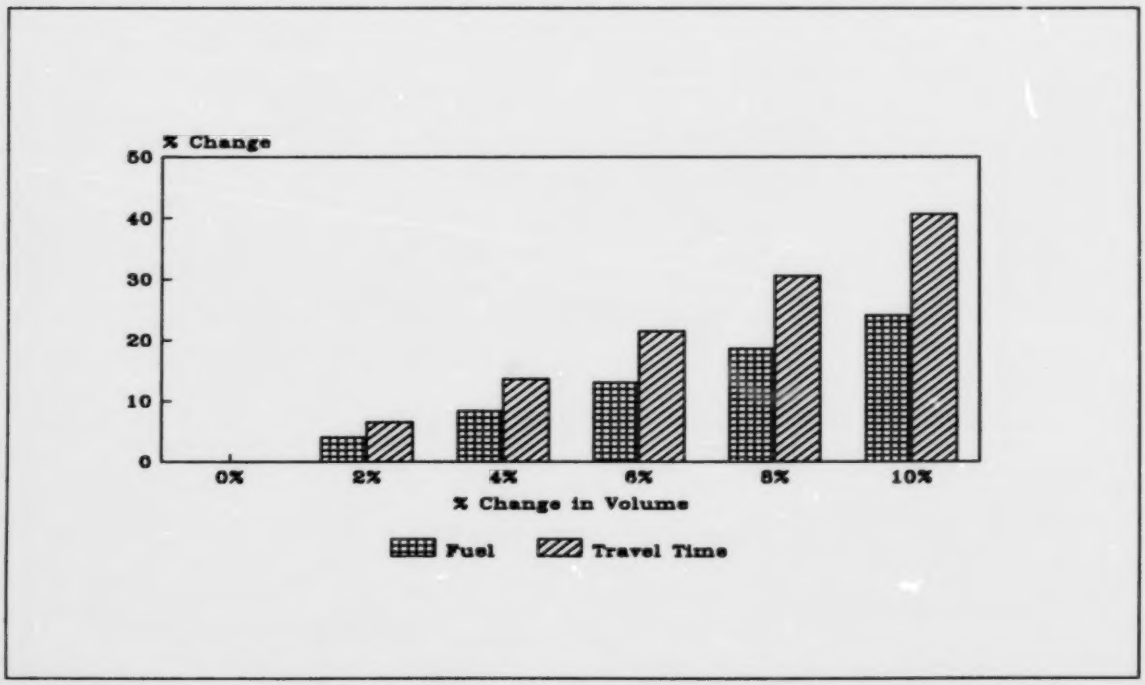


Figure 4: Combined traffic volume-speed effect on fleet fuel consumption and travel time on urban streets

3.1.4 Number of Stops

Stops have a proportionately much greater effect on fuel consumption than on travel time. A typical car could travel another 0.2 km on the excess fuel used due to a stop from a cruise speed of 60 km/h. A number of effective ways to reduce the number of stops on urban streets are by:

(a) linking adjacent signals,

(b) use of vehicle detectors at signals to eliminate unnecessary red periods, and thus stops, on the major road,

(c) replacing unnecessary 4-way stop signs by 2-way stop or give-way signs or, for larger intersections, replace with signals which are linked and have vehicle detectors; and

(d) replacing stop signs by give-way signs where sight distances are good, especially in merging lanes.

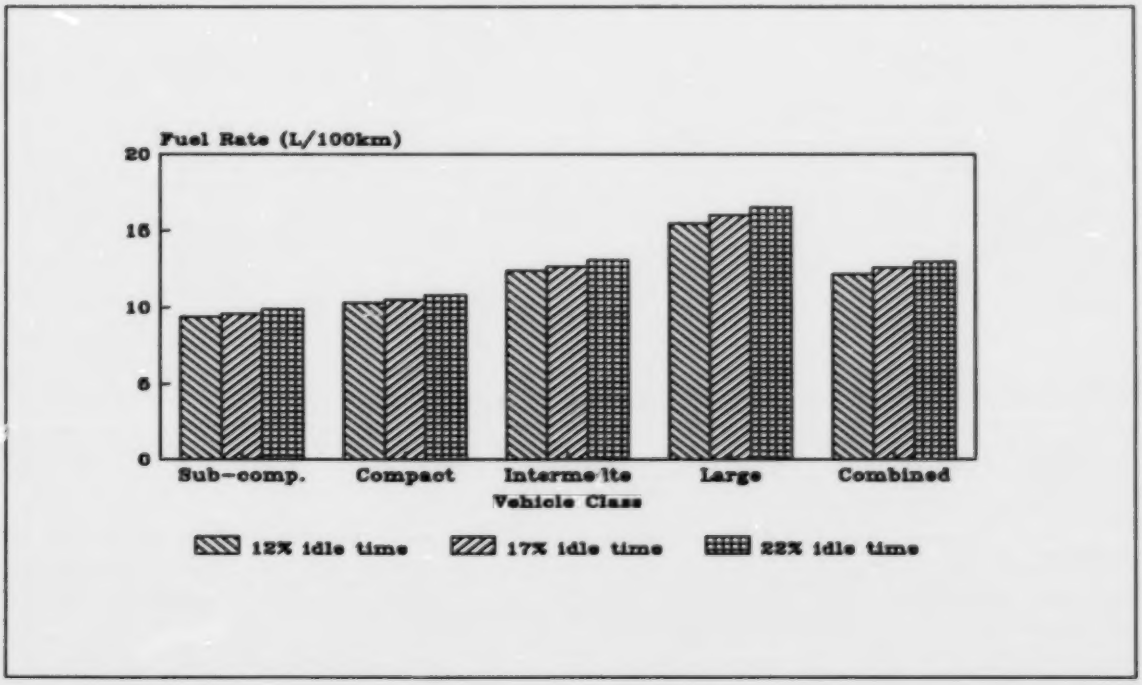


Figure 5: Effect of changes in the percentage of stopped time on the urban street fuel consumption rate

Figure 6 shows the effect of changes in the number of stops and major slowdowns on total urban street fuel consumption, broken down by vehicle class. The figure shows that significant fuel savings are possible by reducing the number of stops or major slowdowns from the present level of approximately 1.6 per kilometer of travel on urban streets.

3.1.5 Switch from Urban Street to Expressway

One means of reducing the number of stops and stopped time and increasing speeds is to build more urban expressways, thus encouraging a switch from urban streets to expressways. Figure 7 shows the effect of different splits in the amount of urban travel done on streets and expressways. Total fuel consumption decreases by only 1.2% with the percentage of urban travel on expressways increasing from the present level of 7.7% to 15% (assuming operating speed characteristics remain at present levels). The change in fuel consumption is small as the fuel consumption rates on the urban streets and expressways are not very different, 12.4 and 10.5 L/100km, respectively. The congestion on expressways during peak periods is, most likely, the cause of the small differences.

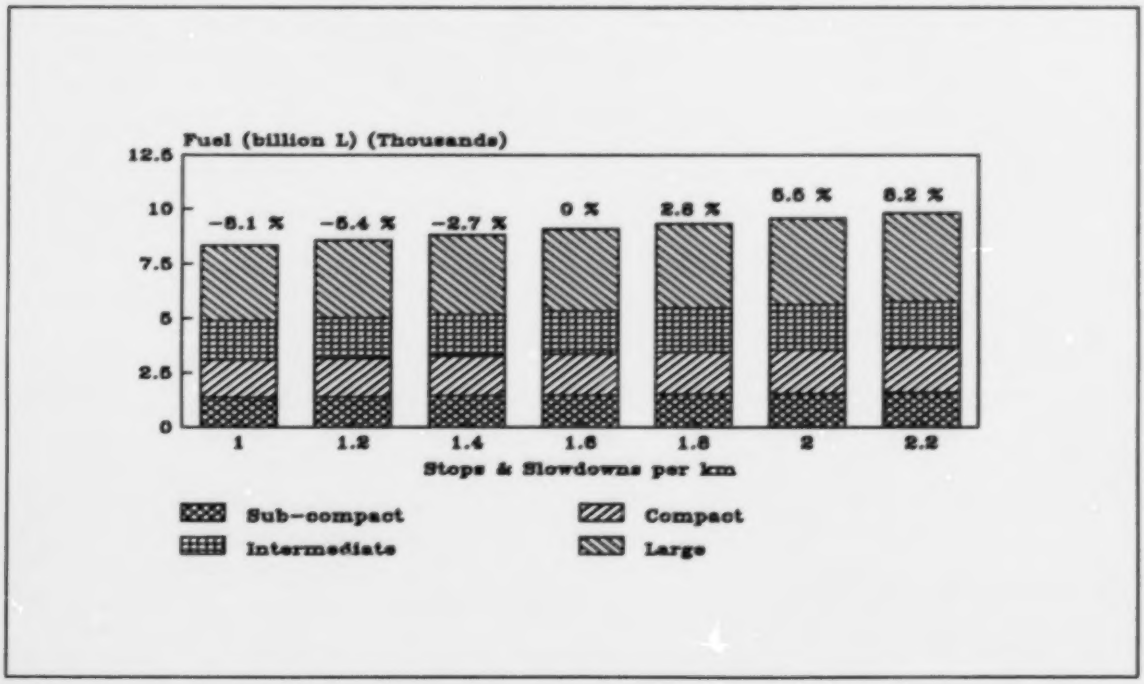


Figure 6: Effect of stops and major slowdowns on passenger car fleet fuel consumption on urban streets

3.2 Rural Highways and Freeways

Fuel consumption increases at a proportionally greater rate at high speeds than at low speeds due to aerodynamic drag. Low speed limits on rural roads have been seen as a way of conserving fuel and increasing safety, but they also increase travel time. The program allows the effect on fuel consumption of changes in average travel speeds to be easily evaluated. The average fuel consumption rate for various average travel speeds and a measure of travel time are shown in Figure 8.

The average fuel consumption rate for travel on rural freeways (average speed of 85 km/h) is only 2.8% greater than that found on rural highways (average speeds of 65 km/h). However, the time to travel the same distance is 24% greater on a rural highway. Thus, on the basis of fuel and travel time there is a very strong argument for increasing speed limits on rural highways. This must be weighed against the effect of higher speed limits on safety.

Increases in average speed on rural freeways have a very different impact. For example, an increase in average speed from 85 to 105 km/h would increase fuel consumption by 15% and

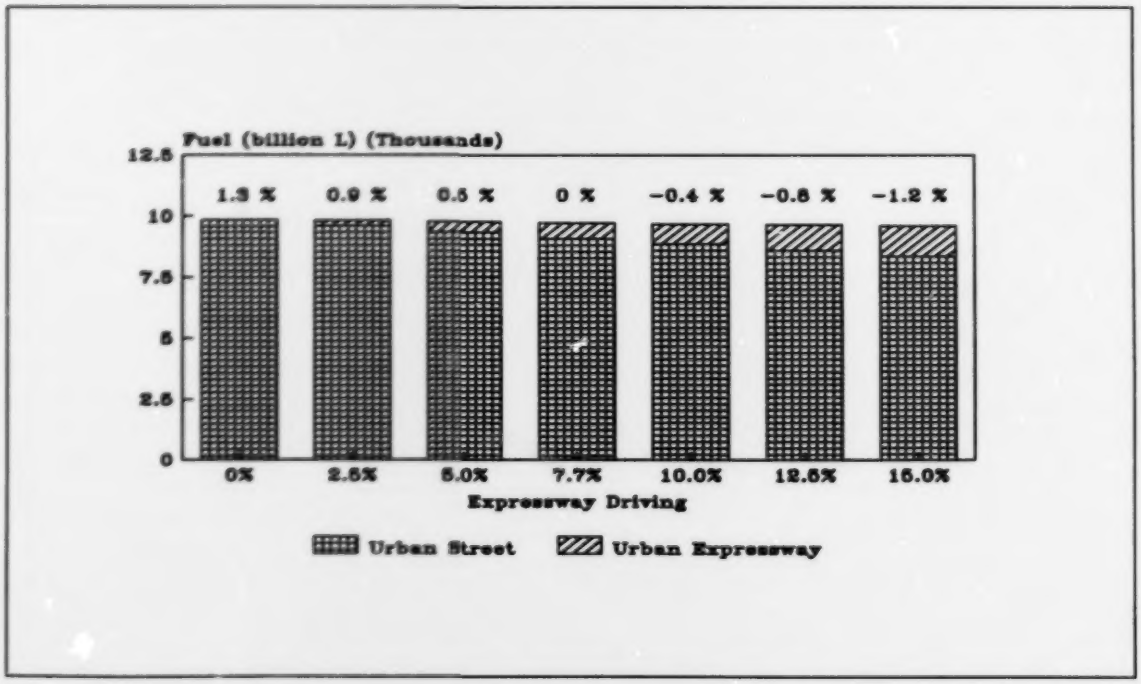


Figure 7: Effect on urban passenger car fleet fuel consumption of a switch from urban street to expressway driving

decrease travel time by 19%. Thus, any gain in fuel and time benefits through increased speed limits would be far less for rural freeways.

3.3 Vehicle Technology Improvements

Average passenger car fuel consumption rates decreased in the late 1970's and early 1980's due mainly to reductions in vehicle mass. Over the last six years the trend towards lower mass vehicles has stopped and improvements in the fuel consumption rate have been due to other technological improvements to vehicles. Significant improvements have been made in efficiency, rolling and aerodynamic drag and maximum power from a given engine size. However, the effect of technological improvements take a long time to filter through the vehicle fleet as most vehicles remain in the fleet over seven years and over 60% of driving is done with vehicles four or more years old. Even if no more improvements are made, overall average fuel consumption rates will fall as the less fuel efficient older vehicles are scrapped.

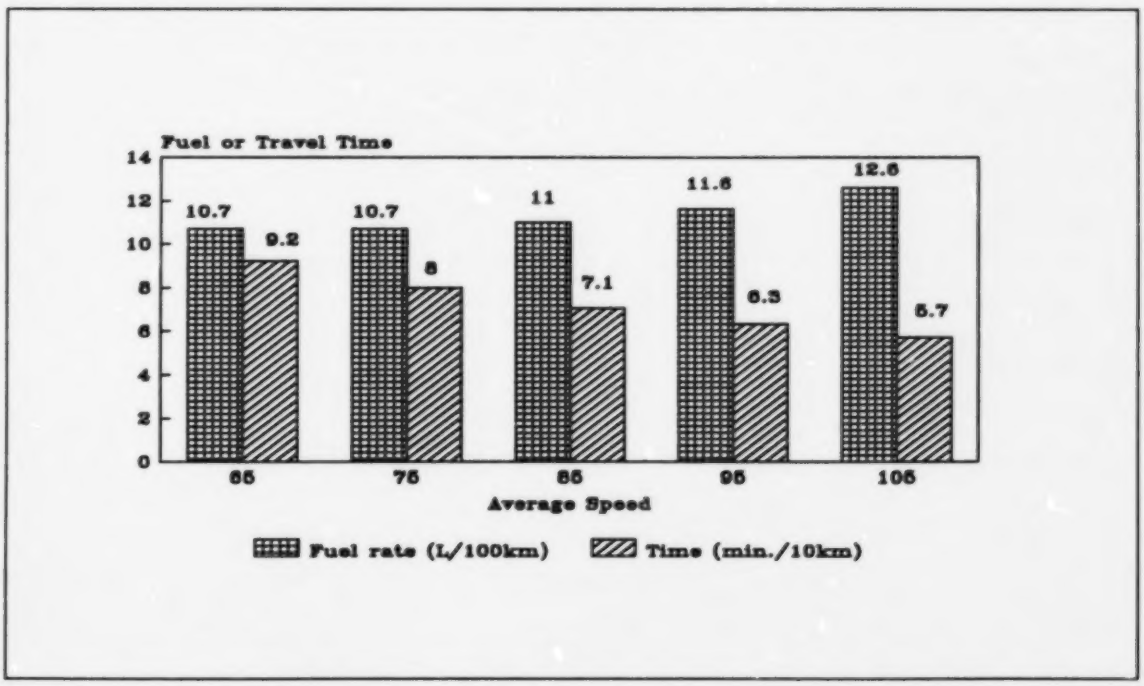


Figure 8: Average passenger car fuel consumption rate and travel time for various average travel speeds

The effect of further technological improvements (since 1987) on the fuel consumption of new vehicles and on the fleet fuel consumption three years later (assuming same distances travelled and operating speed characteristics) are given below.

3.3.1 Engine Size and Efficiency

Engine size is closely related to the amount of frictional drag forces within the engine and its main effect is on the base fuel consumption rate to maintain engine operation. Efficiency is a measure of the proportion of heat energy in the fuel used to power the vehicle. The estimated effects of changes in engine size and efficiency are shown in Figure 9. Efficiency affects all components which contribute to fuel consumption and therefore improvements in efficiency have a big impact on fuel consumption. Roughly 40% of fuel is used to overcome frictional forces within the engine and reductions in engine size can therefore produce large fuel savings.

3.3.2 Aerodynamic Drag

Aerodynamic drag is affected by the frontal area of the vehicle and the shape as measured by the aerodynamic drag coefficient. Frontal area is closely related to vehicle class and, therefore, changes in frontal area are not considered here. Significant improvements in aerodynamic drag have been made over the last 10 years (a decrease of about 15%) and further reductions are expected in the future. However, the aerodynamic drag component is small, except at high speeds as shown in Figure 10. Here, the fuel consumption rates and percentage savings through reductions in the aerodynamic drag coefficient are given for urban street and, rural and urban expressway, driving. The average aerodynamic drag coefficient for vehicles less than 3 years old in 1987 was 0.38. Figure 11 shows the impact on passenger car fleet fuel consumption of improvements in the drag coefficient for new vehicles three years later.

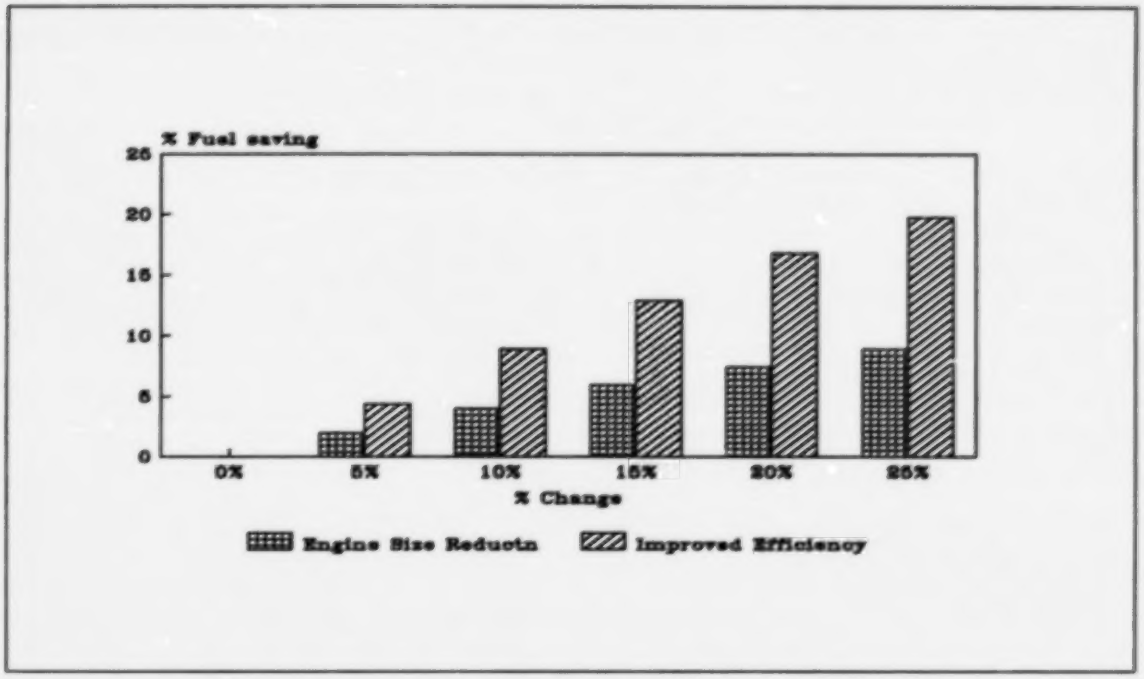


Figure 9: Fuel savings for new passenger cars through reductions in engine size and improvements in efficiency

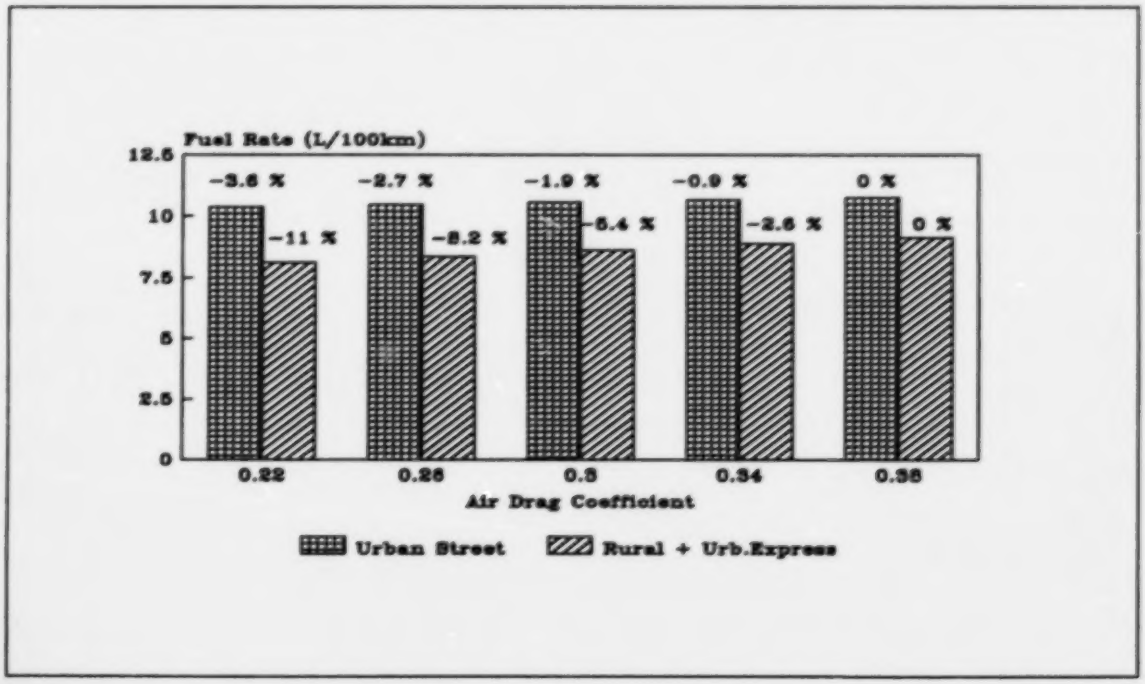


Figure 10: Effect of improved aerodynamic drag coefficient on fuel consumption rate of new passenger cars

3.3.3 Vehicle Mass

Average vehicle mass for each vehicle class decreased steadily during the period 1978-82 but since then average passenger car mass has remained stable. Further reductions in mass are possible through the use of lighter materials such as aluminum and plastics, but the economics are presently not attractive. Figure 12 gives the average fuel consumption rates for each class of vehicle assuming a zero, 10 and 20 per cent decrease in vehicle mass. On average, a 10% decrease in mass will decrease fuel consumption by 3.8%

The effect on fleet fuel consumption three years after a given mass change is shown in Figure 13. It can be seen that although the effect of a change in new vehicle mass can be quite significant, even after three years the change in fleet fuel consumption will be small. However, the effect of the change in mass will be present for many of years.

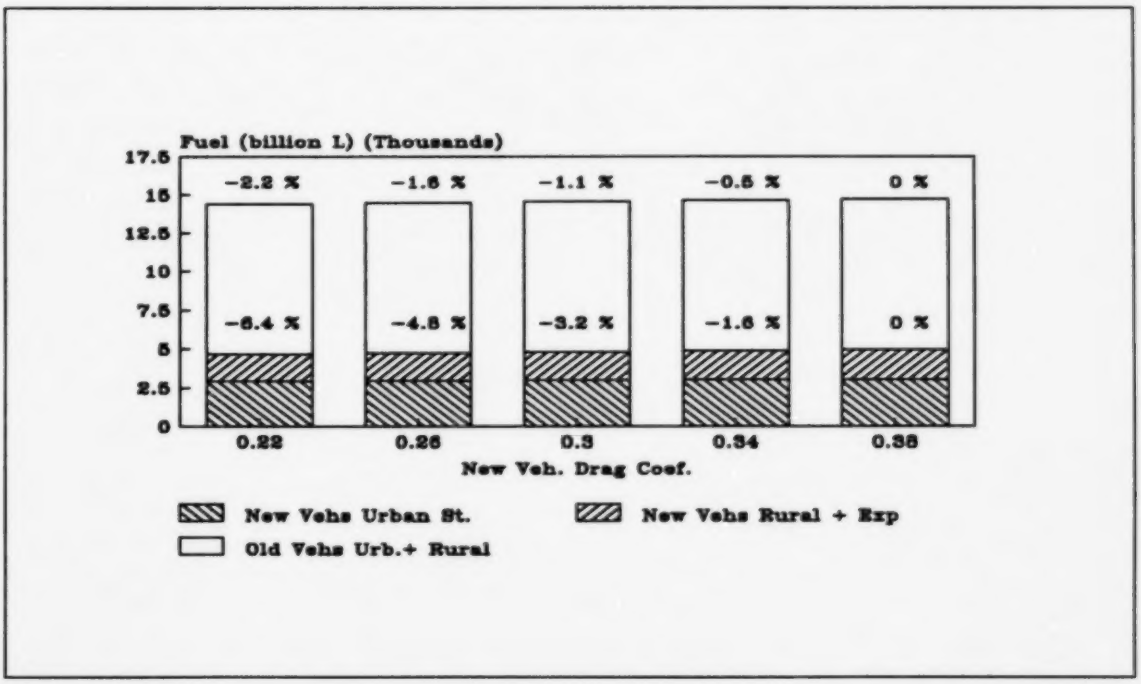


Figure 11: Fleet fuel consumption three years after reduction of average aerodynamic drag coefficient from 0.38*

* The percentage shown above the bars indicate the changes in total fuel consumption (all vehicle ages). Percents shown above the shaded portions relate to new vehicles only.

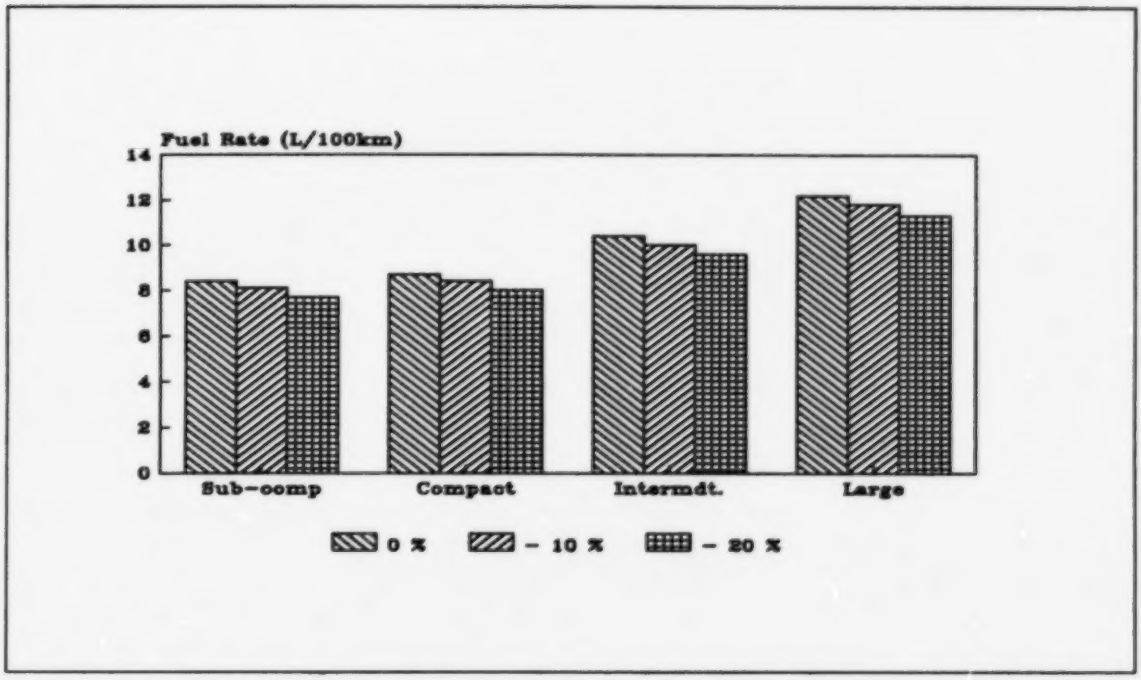


Figure 12: Effect of changes in mass on the fuel consumption of new passenger cars

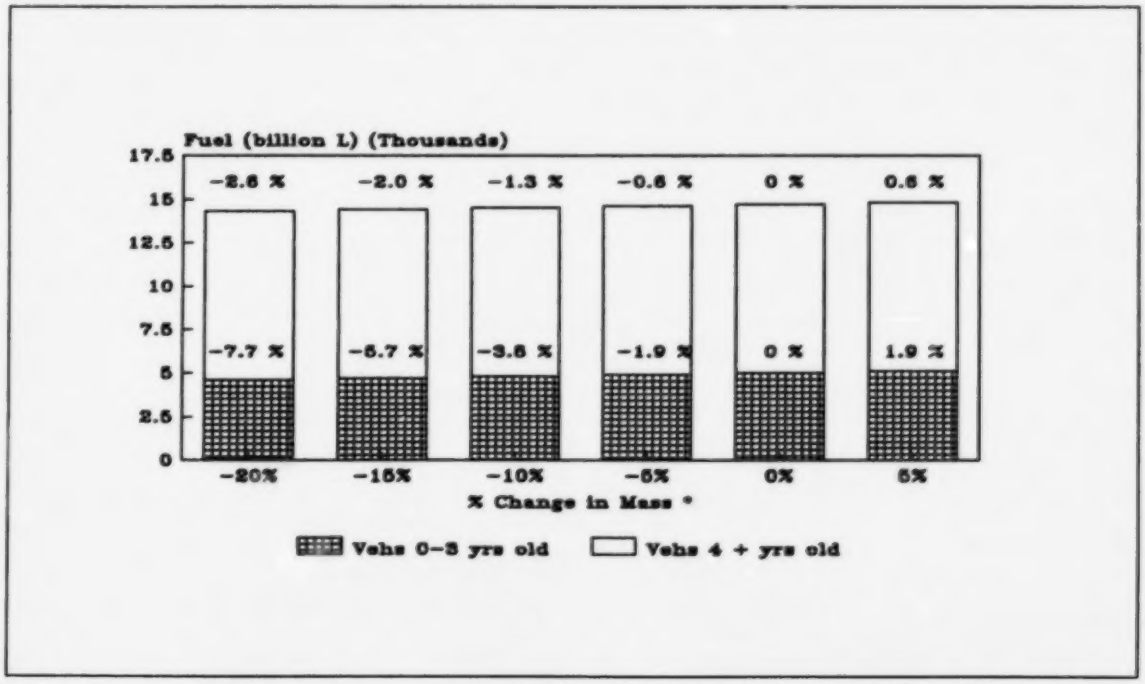


Figure 13: Passenger car fleet fuel consumption three years after a change in vehicle mass

3.3.4 Comparison of Effect of Various Technological Improvements

The effect of the improvements discussed above are compared with several other technological improvements in Figure 14. The first column, labelled 'brakes', refers to the ability to store some of the energy dissipated in the brakes for later use. A fuel saving of 7% is possible if 30% of this wasted energy can be re-used. The second column, 'no idle', is the fuel saved by cutting of fuel to the engine when the vehicle is stopped. It is assumed that no extra fuel is used to re-start the engine. The other columns represent the fuel saved by increasing efficiency and reducing engine size (and thus engine friction), mass, rolling resistance and aerodynamic drag by 10%. Combined, these changes would result in a 29% decrease in fuel consumption of new vehicles. For further information on vehicle technological improvements and their fuel implications see Bumby et. al. [9] and Watson [10].

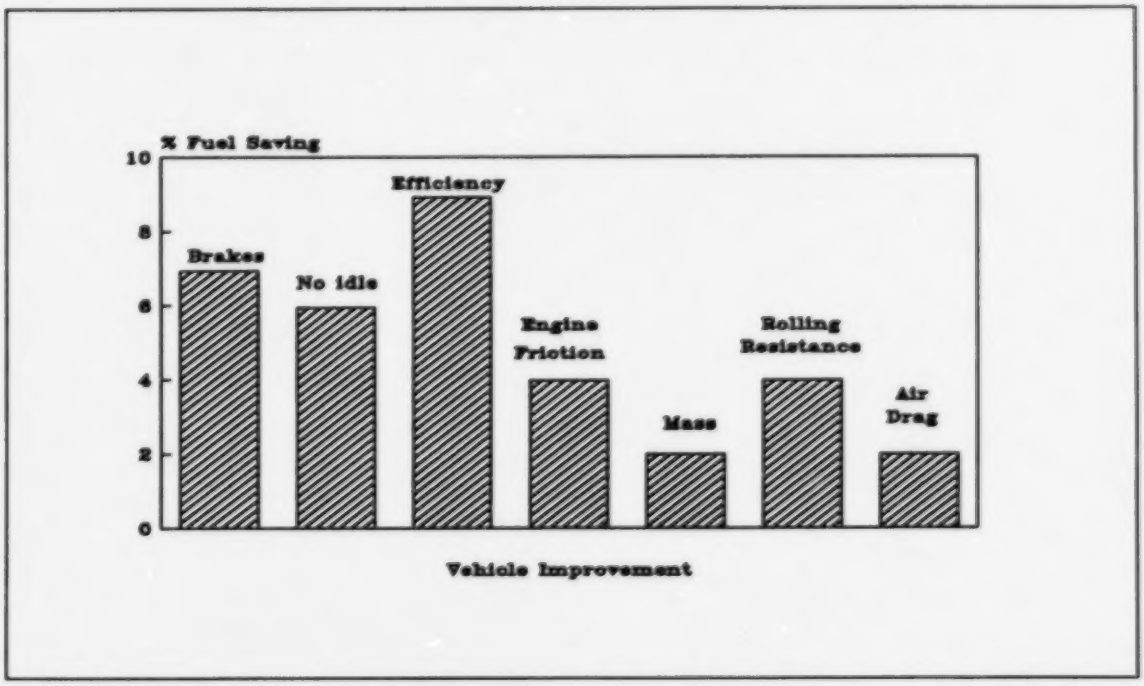


Figure 14: Comparison on estimated effects of technological improvements on the fuel consumption of new cars

3.4 Choice of vehicle and tire maintenance

3.4.1. Choice of Vehicle

A driver's choice of vehicle has a great effect on fuel consumption as is illustrated in Figure 2. If, for example, all urban driving was done in sub-compacts compared with the current mix of vehicle types, urban passenger car fuel consumption could be reduced by 40%. However, a vehicle usually satisfies a number of uses and is therefore often used in situations where another type of vehicle would be much more fuel efficient.

Consider the effect on fuel consumption if a fixed percentage of drivers of cars in each class chose a car in a smaller (downward shift) or a larger (upward shift) class. Assume that with a downward shift, drivers with sub-compact cars still choose sub-compacts and similarly with an upward shift and large cars. Fuel consumption rates for each class of vehicle remain the same (see Figure 2), but the amount of driving in each class changes.

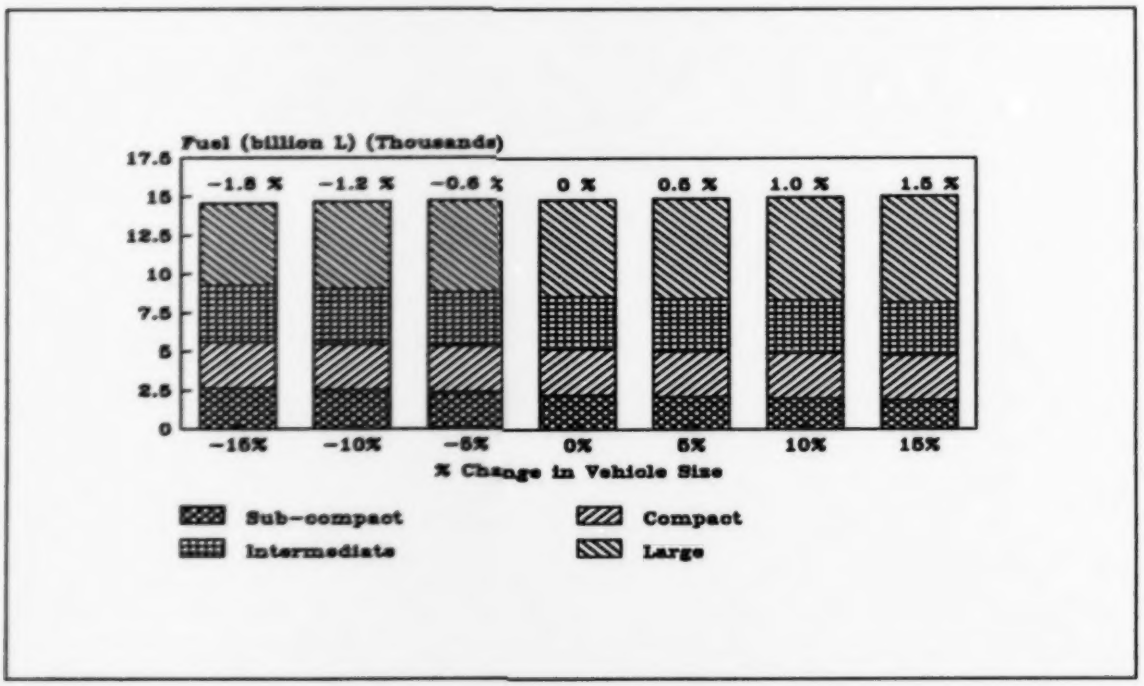


Figure 15: Effect on passenger car fleet fuel consumption of a shift towards smaller or larger cars

Figure 15 shows how fleet fuel consumption will vary as the percentage of driving done by each vehicle class shifts towards smaller or larger vehicles. Changes in passenger car fleet fuel consumption are small over the range of likely shifts in the choice of vehicle.

3.4.2 Tire type and Inflation Pressure

The program includes the effect of tire type, radial or bias, and incorrect tire inflation pressure on rolling resistance and fuel consumption. The two effects are shown in Figure 16 for each vehicle age class and for all passenger cars. Use of bias tires only has a significant impact on the fuel consumption for older cars as almost all new cars have radial tires. Incorrect tire inflation pressures, i.e., not at the recommended level, increases passenger car fleet fuel consumption by 0.7% or 110 million litres per year.

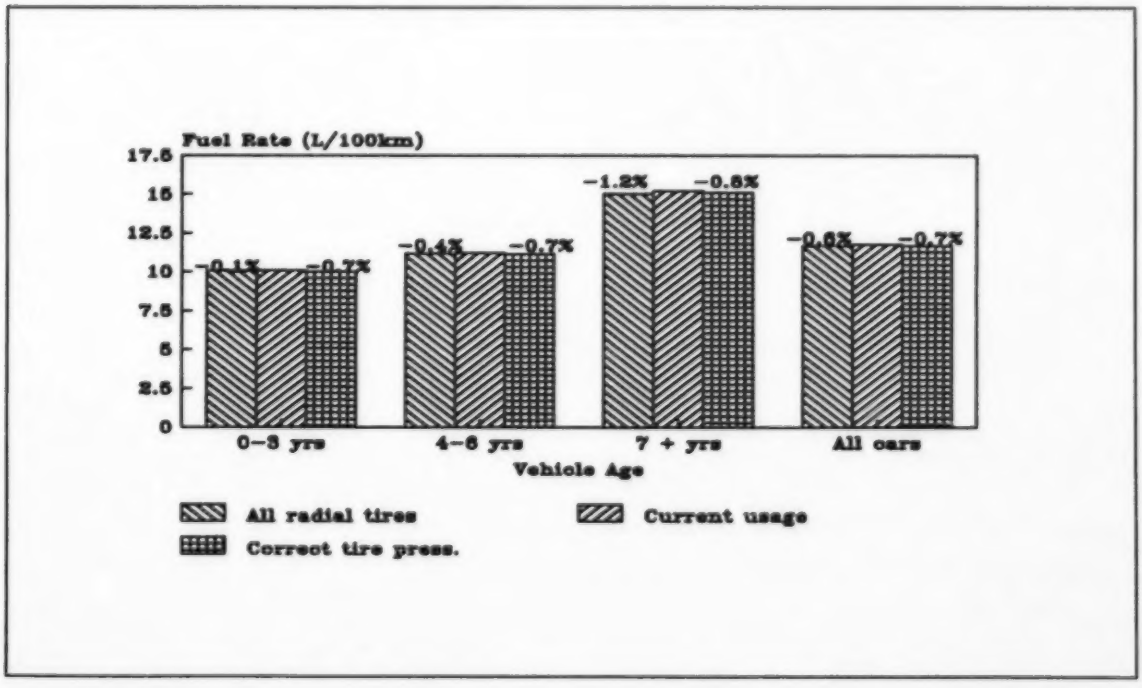


Figure 16: Effect on average passenger car fuel consumption of all cars having radial tires and correct tire inflation pressure

4. CONCLUSIONS

The passenger car fleet fuel consumption estimation program allows the user to determine, with ease, the effect of changes in vehicle parameters, usage and operating speed characteristics, both individually and in combination with each other. The examples discussed in this report illustrate the wide range of applications in which the program can be used and the order of fuel savings which result.

The level of detail of the fuel consumption model and the wide range of factors accounted for by the model ensure that the effects of the factors affecting fuel consumption can be estimated accurately. However, the program does not model the effects of cold starts on fuel consumption due to a lack of consistent data on their effects. This results in fuel estimates being, on average, 10% below observed values. Further research on cold starts is required before a reliable model of its effect on fuel consumption can be developed and included in the program.

The program should prove to be a valuable tool for road transport and energy planners and administrators to predict future trends in passenger car fleet fuel consumption and assess the long term effect of changes in vehicle parameters, usage and operating speeds.

REFERENCES

[1] STATISTICS CANADA — Quarterly report on energy supply demand in Canada, 1987-III to 1988-II. Statistics Canada Publication, Catalog No. 57-003.

[2] JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L. & WRIGHT, P.B. — Global temperature variations between 1861 and 1984. Nature, Vol. 322 No. 31, 430-34, July, 1986.

[3] ENVIRONMENT CANADA — Climate change and variability. Fact Sheet, Atmospheric Environment Service, Catalog No. En57-24/11-1986E, 1986.

[4] ENVIRONMENT CANADA — The greenhouse gases. Fact Sheet, Atmospheric Environment Service, Catalog No. En57-24/12-1986E, 1988.

[5] ENVIRONMENT CANADA — The impacts of global warming. Fact Sheet, Atmospheric Environment Service, Catalog No. En57-24/13-1986E, 1988.

[6] BIGGS, D.C. — Passenger car fleet fuel consumption program. Report prepared by Bureau of Management Consulting, Supply and Services, Canada, for Transport Canada, December, 1988.

[7] STATISTICS CANADA — Fuel consumption survey - passenger car, light trucks and vans, 1986. Special Surveys Program, Household Surveys Division. Statistics Canada Publication, Catalog No. 53-007.

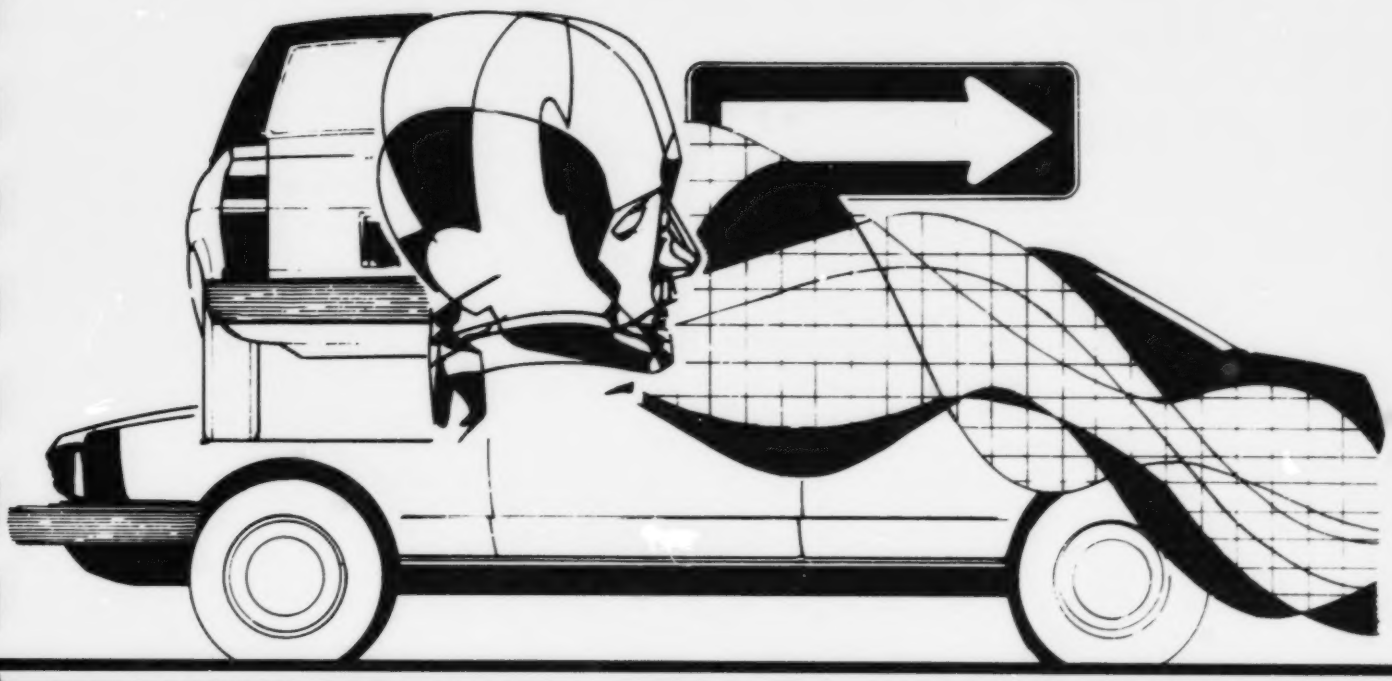
[8] LAY, M.G. — Source book for Australian roads. Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria, 1984.

[9] BUMBY,J.R., CLARKE, P.H., FORSTER, I. & SHAKIB, N. — Computer modelling of spark ignition engined cars showing what fuel economy is feasible by the year 2000. Society of Automotive Engineers. SEA Tech Paper Series 841242, 1984.

[10] WATSON, H.C. — Prospects for year 2000 car design. Proc. Australian Road Research Board Conf. 14(3), pp.268-79, 1988.

TP 9877 F

LE PROGRAMME D'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE CARBURANT DU PARC DE VOITURES DE TOURISME : EXEMPLES D'APPLICATION



Transports Canada
Sécurité routière

Transport Canada
Road Safety

Canada

LE PROGRAMME D'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE CARBURANT DU PARC DE VOITURES DE TOURISME :

EXEMPLES D'APPLICATION

Transports Canada / Transport Canada

FORMULE DE DONNÉES POUR PUBLICATION

1. N° de la publication de Transports Canada	2. N° de l'étude	3. N° de catalogue du destinataire
TP 9877F	OERD 4082	

4. Titre et sous-titre
Le programme d'estimation de la consommation de carburant du parc de voitures de tourismes: exemples d'application

5. Date de la publication
Mars 1989

6. N° du document de l'organisme

7. Auteur(s)
David C. Biggs

8. N° de dossier de Transports Canada
ASF 3261-134-20

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant
Bureau des conseillers en gestion
Approvisionnement et Services Canada
365 Avenue Laurier ouest
OTTAWA, Ontario
K1A 0S5

10. N° de dossier - ASC
4-7441

11. N° de contrat - ASC ou Transports Canada

12. Nom et adresse de l'organisme parrain
Direction des normes et recherches relatives à la sécurité routière

13. Genre de publication et période visée
Final

14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles
Projet subventionné par l'Office de l'Énergie R&D

16. Agent de projet
E.R. Welbourne

17. Résumé

Ce rapport démontre quatre applications typiques d'un logiciel pouvant estimer la consommation en carburant du parc d'automobiles et conçu par le Bureau des Conseillers en Gestion pour Transports Canada.

Ce logiciel a été utilisé pour déterminer l'effet de plusieurs facteurs sur la demande globale en carburant pour les automobiles au Canada. Les facteurs qui ont été étudiés comprennent: un changement dans la vitesse moyenne et du volume de circulation sur les routes de la ville, un changement de la vitesse moyenne sur les routes rurales et les autoroutes, l'amélioration de certaines caractéristiques du véhicule et un changement dans le pourcentage de conduite fait avec chaque classe de véhicules.

Les données pour le parc d'automobile au Canada en 1987 ont été utilisées pour produire des estimés réalistes des épargnes en consommation de carburant "sur route". Cependant, les effets d'un démarrage à froid ne sont pas inclus à cause d'un manque de données solides.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Consommation de carburant Modèle mathématique	Disponible en quantité limitée de Promotion de la sécurité routière (ASFCB). Transports Canada, OTTAWA, Ont., K1A 0N5

20. Classification de sécurité (de cette publication)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Déclassification (date)	23. Nombre de pages	24. Prix
NON-CLASSIFIÉ	NON-CLASSIFIÉ		29	

RÉSUMÉ À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Le parc de voitures de tourisme consomme environ 23 % de tout le carburant pétrolier utilisé au Canada. Une baisse de consommation dans ce secteur paraîtrait donc beaucoup sur ce total.

Puisque les carburants dérivés du pétrole sont une ressource en voie d'épuisement, qu'ils comptent pour une partie appréciable des coûts de transport et que leur disponibilité et leur prix sont sujets à de fortes variations, il ne faut pas s'étonner que d'importantes économies de carburant aient été réalisées au cours des dix dernières années. Autre facteur, la consommation de carburant a un rapport très étroit avec les quantités de polluants rejetés par les véhicules et il s'ensuit que la réduction de la consommation de carburant aide à diminuer la pollution atmosphérique. Aussi, compte tenu des preuves de plus en plus nombreuses de l'influence de la pollution atmosphérique croissante sur l'intensification de l'effet de serre, il importe que les planificateurs des secteurs de l'énergie et des transports continuent d'accorder une priorité élevée aux économies de carburant.

La Division des systèmes des véhicules de la Direction générale de la sécurité routière et de la réglementation automobile (Transports Canada) a confié au Bureau des conseillers en gestion la tâche de concevoir un programme d'estimation de la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme. Cette tâche est maintenant accomplie. La consommation de carburant peut être estimée d'après les divers paramètres techniques des véhicules, l'usage qu'on en fait, les caractéristiques des voies routières et les diverses vitesses de roulement. Réalisé à l'intention des planificateurs et des administrateurs actifs dans les secteurs du transport et de l'énergie, ce programme facile à utiliser peut être exploité à l'aide d'un ordinateur personnel compatible avec les ordinateurs IBM.

Le rapport décrit brièvement le programme d'estimation de la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme et explique, à l'aide d'exemples, l'éventail des applications du programme. Les données utilisées aux fins de l'étude des voitures de tourisme sont de 1987. Des estimations réalistes des économies de carburant réalisables sur la route sont données. Le programme de modélisation ne rend toutefois pas compte de l'effet des démarrages à froid, faute de données fiables; aussi les estimations sont, en moyenne, de 10 % en deçà de la consommation réelle.

Les applications suivantes du programme sont passées en revue :

1. Les rues - l'effet des facteurs suivants sur la consommation : la variation des vitesses moyennes, la densité de la circulation, le pourcentage des temps d'arrêt, le nombre d'arrêts et le passage de la rue à la voie rapide.

2. Les routes et les autoroutes rurales - l'effet de la variation des vitesses moyennes.

3. Les améliorations techniques apportées aux véhicules - l'effet de l'amélioration des éléments suivants : le rendement, la cylindrée du moteur, la traînée aérodynamique, la résistance au roulement, le poids, l'interruption de l'alimentation à l'arrêt et la capacité de récupérer une partie de l'énergie actuellement dissipée aux freins.

4. Le choix du véhicule et l'entretien des pneus - l'effet des facteurs suivants sur la consommation : la modification du pourcentage d'utilisation des véhicules de chaque catégorie, l'utilisation du pneu radial et le gonflage des pneus de toutes les voitures aux pressions recommandées.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
RÉSUMÉ À L'INTENTION DE LA DIRECTION		(i)
TABLE DES MATIÈRES		(iii)
1. INTRODUCTION		1
2. DESCRIPTION DU PROGRAMME		2
3. EXEMPLES D'APPLICATION		4
3.1 Rues		4
	3.1.1 Vitesse moyenne	4
	3.1.2 Trafic	6
	3.1.3 Temps d'immobilisation	7
	3.1.4 Nombre d'arrêts	8
	3.1.5 De la rue à la voie rapide	10
3.2 Routes et autoroutes rurales		10
3.3 Améliorations techniques apportées aux véhicules		12
	3.3.1 Cylindrée et rendement du moteur	12
	3.3.2 Traînée aérodynamique	12
	3.3.3 Poids du véhicule	16
	3.3.4 Comparaison des effets de diverses améliorations techniques	17
3.4 Choix du véhicule et entretien des pneus		18
	3.4.1 Choix du véhicule	18
	3.4.2 Type de pneus et pression d'air	20
4. CONCLUSIONS		21
SOURCES		22

1. INTRODUCTION

Comme l'indique la Figure 1, le parc de voitures de tourisme consomme une grande partie de tous les carburants pétroliers utilisés au Canada. La réduction de la consommation de ces véhicules paraîtrait donc beaucoup sur le total de la consommation des carburants dérivés du pétrole.

Puisque les carburants dérivés du pétrole sont une ressource en voie d'épuisement, qu'ils comptent pour une grande partie des coûts de transport et que leur disponibilité et leurs prix sont sujets à de fortes fluctuations, il ne faut pas s'étonner que l'on se soit efforcé de réduire considérablement leur consommation au cours des dix dernières années. En outre, étant donné que la consommation des carburants a un rapport très étroit avec les quantités de polluants rejetés dans l'atmosphère par les véhicules, il s'ensuit que la diminution de cette consommation réduit la pollution atmosphérique. Celle-ci pose peut-être un défi sans précédent; en effet, selon des études passablement concluantes [2][1], l'accroissement de la pollution atmosphérique commence à intensifier l'effet de serre. La hausse de

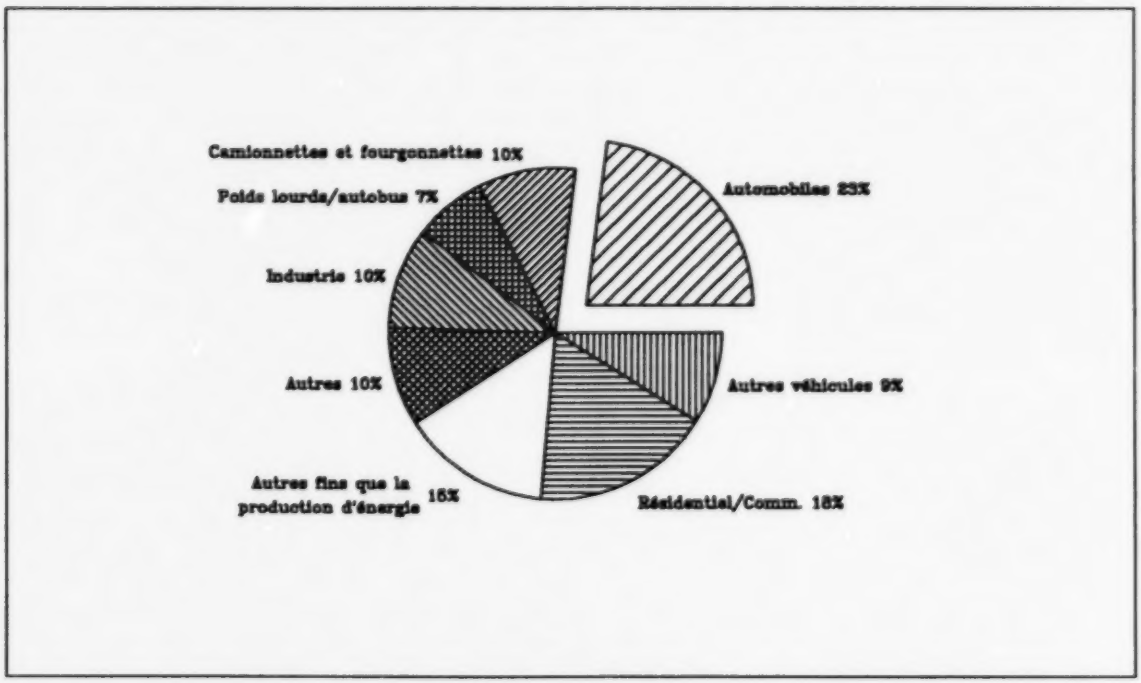


Figure 1 Principales utilisations des carburants dérivés du pétrole au Canada en 1987[1]

---

1 Les nombres entre parenthèses correspondent aux communications énumérées sous l'entête SOURCES

température ainsi causée pourrait transformer considérablement le climat sur la Terre entière et avoir des effets désastreux dans de nombreuses régions [3, 4 et 5]. Il importe donc que les planificateurs des secteurs de l'énergie et du transport continuent d'accorder une priorité élevée aux économies de carburant et que d'autres mesures soient prises en vue de réduire la consommation de carburant et les émissions de polluants des véhicules.

Trois méthodes permettraient de réduire la consommation de carburant : apporter des améliorations techniques aux véhicules, améliorer le réseau routier et convaincre les automobilistes de bien choisir leurs véhicules et de corriger leur comportement au volant. Les difficultés d'application de ces méthodes et la nature dynamique du parc de véhicules compliquent la tâche de prévoir avec précision dans quelle mesure les changements destinés à réduire la consommation de carburant seront efficaces.

C'est dans ce contexte que la Division des systèmes des véhicules de la Direction générale de la sécurité routière et de la réglementation automobile de Transports Canada a demandé au Bureau des conseillers en gestion de concevoir un programme d'estimation de la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme. Cette tâche est maintenant accomplie et fait l'objet d'un rapport [6]. On peut se servir de ce programme pour estimer la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme selon la modification des caractéristiques des véhicules, les modifications de l'usage qu'on en fait, les divers types de voies routières et la vitesse d'utilisation. Réalisé à l'intention des planificateurs et des administrateurs des secteurs du transport routier et de l'énergie, ce programme facile à utiliser peut être exploité au moyen d'un ordinateur personnel compatible avec les ordinateurs IBM.

Ce rapport décrit brièvement le programme d'estimation de la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme et explique, à l'aide d'exemples, l'éventail des applications de ce programme.

2. DESCRIPTION DU PROGRAMME

Le programme d'estimation comporte un modèle de simulation de la consommation de carburant en fonction de la puissance; ce modèle permet d'estimer l'effet de chacun des facteurs qui contribuent à la consommation de carburant (p. ex., la résistance au roulement et la traînée aérodynamique). Cette méthode est très supérieure à la modélisation habituelle de la consommation d'après la vitesse moyenne du véhicule, car le nouveau modèle permet d'estimer l'effet de diverses variables - caractéristiques du véhicule, vitesse, types de voies routières et conditions environnementales - sur la demande de puissance du véhicule, donc sur la consommation de carburant. Contrairement à la consommation de carburant, la demande de puissance peut être

calculée à partir d'hypothèses solidement établies ou au moyen d'essais contrôlés. Notons également que le modèle de simulation en fonction de la puissance permet d'introduire explicitement dans le modèle les paramètres utilisés ordinairement dans le cas des véhicules. Le modèle de la consommation de carburant est décrit en détail dans la Partie I du rapport proprement dit [6].

Le programme traite les cinq facteurs variables suivants :

Catégorie de voitures	Âge	Saison	Type de voie routière	État de la chaussée
Sous-compactes	0-3 ans	Hiver	Rue	Sèche
Compactes	4-6 ans	Printemps	Voie rapide urbaine	Mouillée
Intermédiaires	7 ans et +	Été	Route rurale	Enneigée
Grande taille		Automne	Autoroute rurale	

Les caractéristiques des véhicules peuvent varier selon le type de véhicule et l'âge du véhicule; la vitesse d'utilisation et les caractéristiques des voies routières varient selon le type de voie routière; les conditions météorologiques et la pression des pneus varient selon la saison. Un ensemble de données d'intrant recueillies en 1987 dans le secteur des voitures de tourisme est fourni avec le programme. Les méthodes servant à étalonner cet ensemble de données sont décrites dans la Partie 2 du rapport proprement dit [6].

Le programme est composé de deux éléments principaux. Le premier produit des estimations de la consommation de carburant sous la forme désirée par l'utilisateur, tandis que le second permet à l'utilisateur de déterminer dans quelle mesure la modification de la distance parcourue, de la vitesse ou des caractéristiques des véhicules, ou les trois, influent sur la consommation de carburant. Le programme produit des tableaux à une, deux ou trois entrées indiquant la consommation de carburant ou le taux de consommation et la distance parcourue, pour n'importe quel des quatre facteurs variables énumérés ci-avant (l'état de la chaussée étant exclu). La consommation peut être mesurée aussi bien en litres qu'en gallons américains. Le guide d'utilisation du programme fait l'objet de la Partie 3 du rapport [6].

Faute de données sur les démarrages à froid, le programme ne permet pas de modéliser l'effet de ces démarrages sur la consommation de carburant. Les démarrages à froid ont un effet plus prononcé sur la consommation lorsque les déplacements sont courts et durant la saison froide. Les démarrages à froid augmentent d'environ 10 % la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme.

Les comparaisons de la consommation estimative des carburants et des chiffres ressortis de l'Enquête sur la consommation du

carburant [7] révèlent que les taux de consommation routière sont très différents des taux qui rendent compte des démarrages à froid.

3. EXEMPLES D'APPLICATION

Les applications suivantes, décrites à titre d'exemples, sont fondées sur les données de 1987 (sur le parc de voitures de tourisme) fournies avec le programme. Ces exemples ont été choisis afin, non pas de faire la démonstration de l'étude détaillée et répétitive des effets de la variation des facteurs de consommation, mais bien de témoigner du grand éventail d'applications du programme.

3.1 Rues

Au Canada, les déplacements par les rues représentent 57 % de la distance totale parcourue par les voitures de tourisme et 61 % de la consommation totale de carburant des voitures de ce genre. La vitesse moyenne des déplacements par les rues n'est que de 33 km/h, et le temps d'immobilisation est de 17 % de la période d'utilisation. La fluctuation de la vitesse, exprimée en énergie cinétique par unité de masse par unité de distance, est de 0,22 J/kg.m, ce qui équivaut approximativement à 1,6 arrêt ou ralentissement important par kilomètre. Puisque le trafic ne cesse de croître et de favoriser davantage les ralentissements sur les réseaux de voies urbaines et que ceux-ci ne sont pas toujours agrandis en conséquence en raison des restrictions budgétaires, le facteur vitesse pourrait se détériorer et faire hausser considérablement la consommation de carburant.

3.1.1. Vitesse moyenne

La Figure 2 indique dans quelle mesure la variation des vitesses moyennes des véhicules des quatre catégories influe sur le taux de consommation de carburant. Les valeurs typiques (les valeurs "par défaut" sont fournies par le programme) des temps d'immobilisation et des fluctuations de vitesse pour chaque vitesse moyenne donnée sont utilisées. L'effet de la taille du véhicule sur la consommation est évident et l'effet de la variation de la vitesse moyenne est plus important dans le cas des véhicules de grande taille que dans celui des petits véhicules. Pour l'ensemble des véhicules, la diminution de la vitesse moyenne de 33 à 30 km/h ferait accroître de 4,7 % la consommation de carburant dans les rues, tandis qu'une augmentation de la vitesse moyenne à 36 km/h la ferait baisser de 3,5 %.

La Figure 2 montre l'effet de la variation de vitesse sur le taux de consommation de carburant dans le cas de certains véhicules. Voyons maintenant leur effet sur la consommation totale de carburant des véhicules circulant dans les rues. La Figure 3 indique la consommation totale de carburant des véhicules de chaque catégorie, à certaines vitesses, et révèle le changement en pourcentage de la consommation totale de carburant pour des vitesses moyennes autres que la vitesse moyenne actuelle (33 km/h). Bien que les déplacements des voitures de grande taille ne représentent que 18 % de la distance totale parcourue par les voitures de tourisme, ils rendent compte de 41 % de la consommation de carburant dans les rues. Selon les chiffres, si la vitesse moyenne baissait d'aussi peu que 2 km/h, la consommation de carburant dans les rues augmenterait de 2,9 %, soit 262 millions de litres.

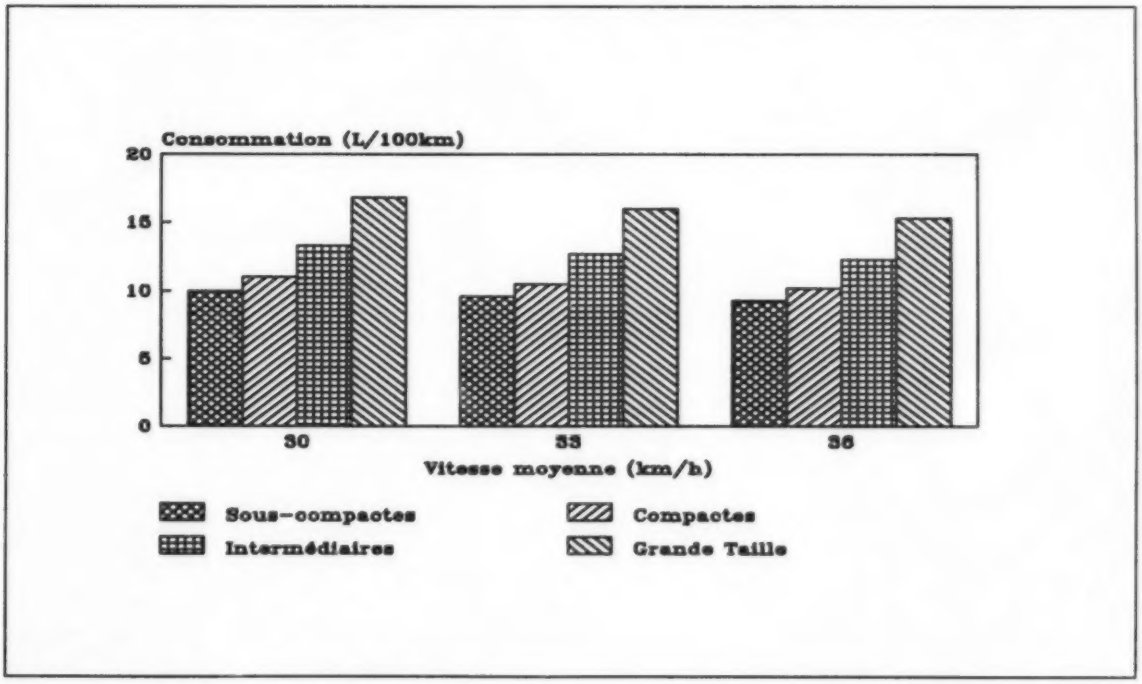


Figure 2 Effet de la variation de la vitesse moyenne sur le taux de consommation de carburant des voitures de tourisme dans les rues

3.1.2 Trafic

L'accroissement du trafic fera augmenter proportionnellement la consommation de carburant si la capacité du réseau routier permet de conserver le même facteur de vitesse d'utilisation. Si la capacité du réseau n'est pas augmentée, les vitesses moyennes diminueront et la consommation de carburant des véhicules augmentera. La Figure 4, tracée à partir du rapport volume-vitesse moyenne exposé par Lay [8], montre l'effet de l'accroissement du trafic sur la consommation de carburant et sur le temps de déplacement. On suppose qu'aucune amélioration n'est apportée au réseau routier. La consommation de carburant augmente démesurément par rapport à l'accroissement du trafic, et l'accroissement du temps de déplacement est encore plus prononcé. Par exemple, si le trafic augmentait de six pour cent sur un réseau routier non modifié, la vitesse moyenne passerait de 33 à 29 km/h et la consommation de carburant et le temps de déplacement augmenteraient de 13 % et 21 % respectivement.

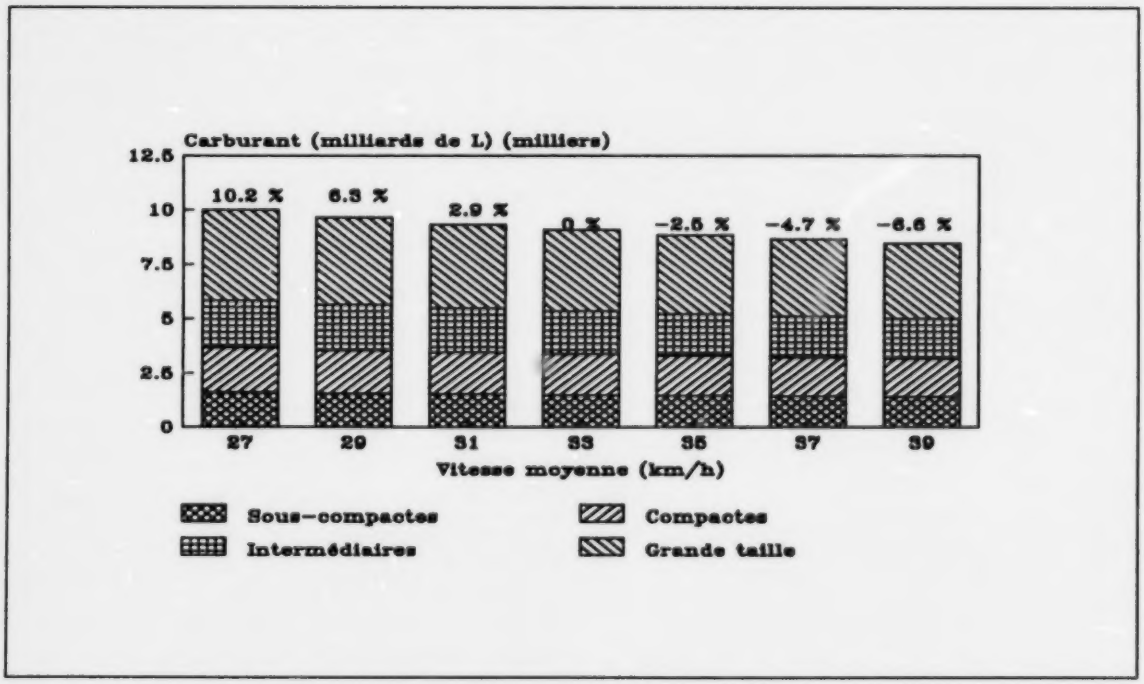


Figure 3 Effet de la variation de la vitesse moyenne sur la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme dans les rues

3.1.3 Temps d'immobilisation

L'étude de l'effet de la variation des vitesses moyennes, ci-avant, rend compte de la modification des temps d'immobilisation et de la modification de la vitesse moyenne à laquelle circule chaque véhicule durant son utilisation. Le programme permet d'étudier facilement l'effet de la modification des temps d'immobilisation, pour une même vitesse d'utilisation. Une façon rentable de réduire les temps d'immobilisation et le nombre d'arrêts serait d'améliorer la signalisation aux intersections, par exemple en installant des détecteurs de véhicules et en synchronisant les jeux de lumière.

La Figure 5 illustre l'effet d'une réduction de moitié du temps d'immobilisation sur la consommation de carburant des véhicules de chaque catégorie dans les rues. À l'heure actuelle, le pourcentage moyen du temps (au ralenti) d'immobilisation dans les rues est de 17 %. Le fait d'augmenter (ou de diminuer) de moitié le temps d'immobilisation fera augmenter (diminuer) de 3,2 % la consommation de carburant.

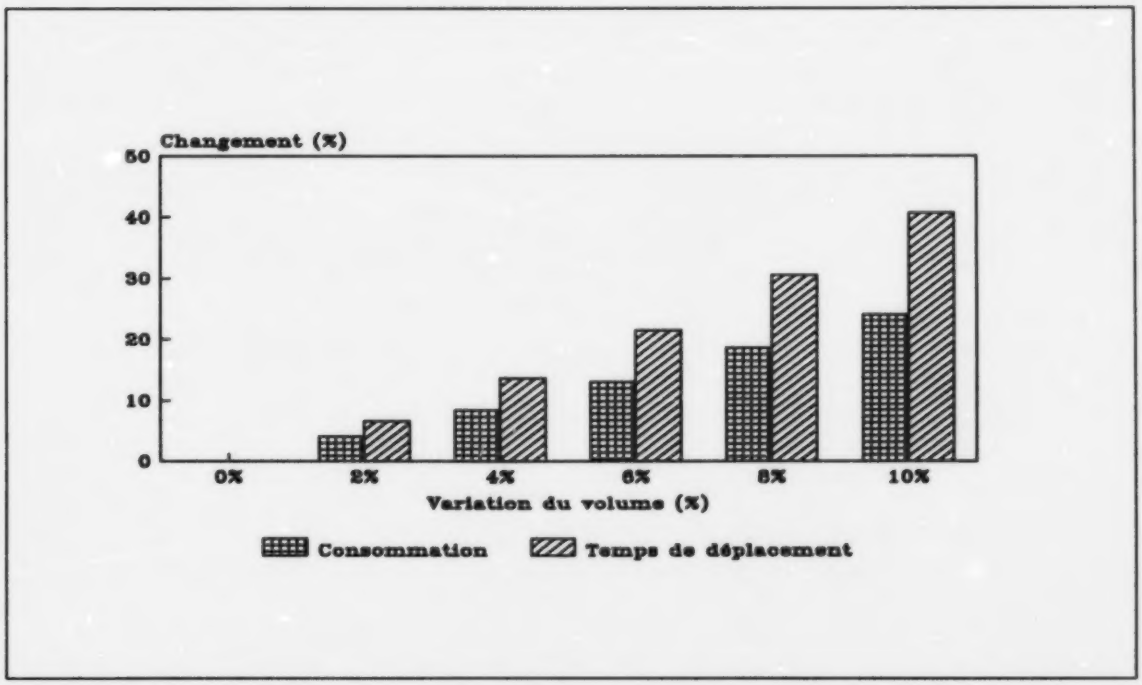


Figure 4 Effets conjugués de la variation du trafic et de la vitesse sur la consommation de carburant et sur le temps de déplacement des voitures dans les rues

3.1.4 Nombre d'arrêts

Les arrêts ont un effet proportionnel beaucoup plus marqué sur la consommation de carburant que sur le temps de déplacement. Une voiture ordinaire circulant à une vitesse de croisière de 60 km/h pourrait parcourir 0,2 km de plus avec le carburant qu'elle brûle inutilement lorsqu'elle doit s'arrêter. Quelques moyens efficaces permettraient de réduire le nombre d'arrêts dans les rues :

a) synchroniser les jeux de lumière successifs,

b) installer des détecteurs de véhicule qui empêcheraient les jeux de lumière de tourner au rouge lorsque la voie est libre, ce qui réduirait d'autant les temps d'immobilisation;

c) lorsqu'ils sont inutiles, remplacer les signaux d'arrêt à quatre voies par des signaux d'arrêt à deux voies ou par des signaux de cession de droit de passage ou, aux intersections d'artères importantes, les remplacer par des jeux de lumière synchronisés et par des détecteurs de véhicule, et

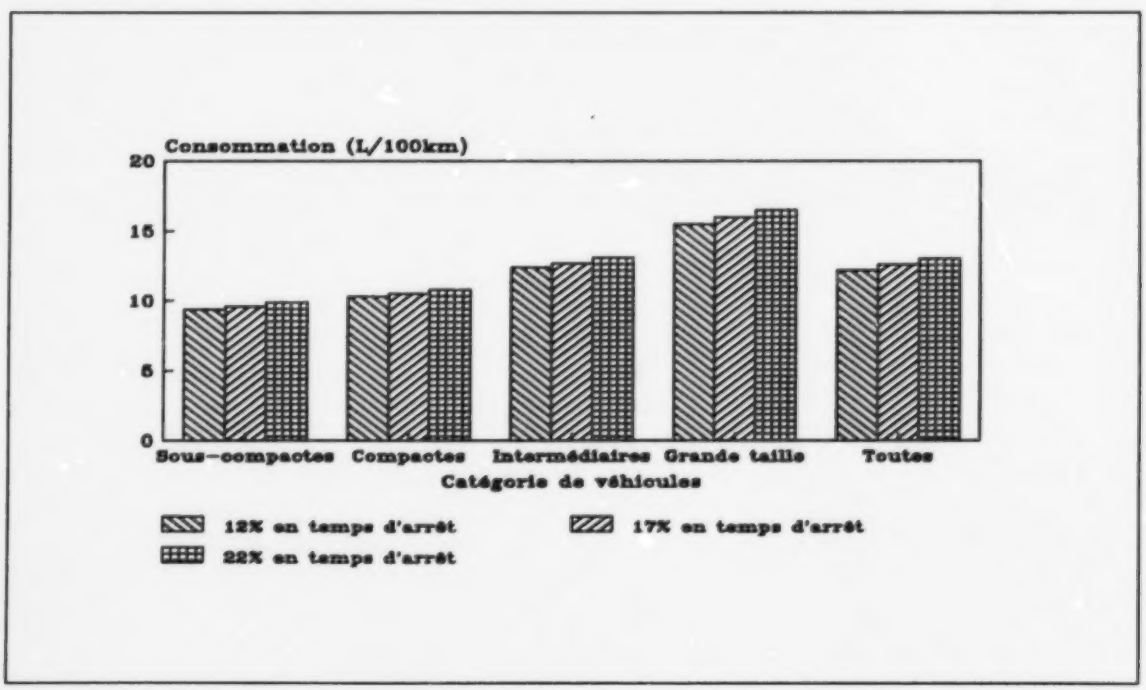


Figure 5 Effet de la modification du pourcentage de temps d'immobilisation sur la consommation de carburant des voitures dans les rues

d) remplacer les signaux d'arrêt par des signaux de cession de droit de passage lorsque la rue est dégagée, en particulier dans le cas des voies convergentes.

La Figure 6 indique l'effet de la modification du nombre d'arrêts et de ralentissements importants sur la consommation totale de carburant dans les rues, par catégorie de véhicules. Selon cette figure, il serait possible de réaliser des économies appréciables de carburant en réduisant le nombre d'arrêts ou de ralentissements importants (1,6 par kilomètre de déplacement dans les rues, actuellement).

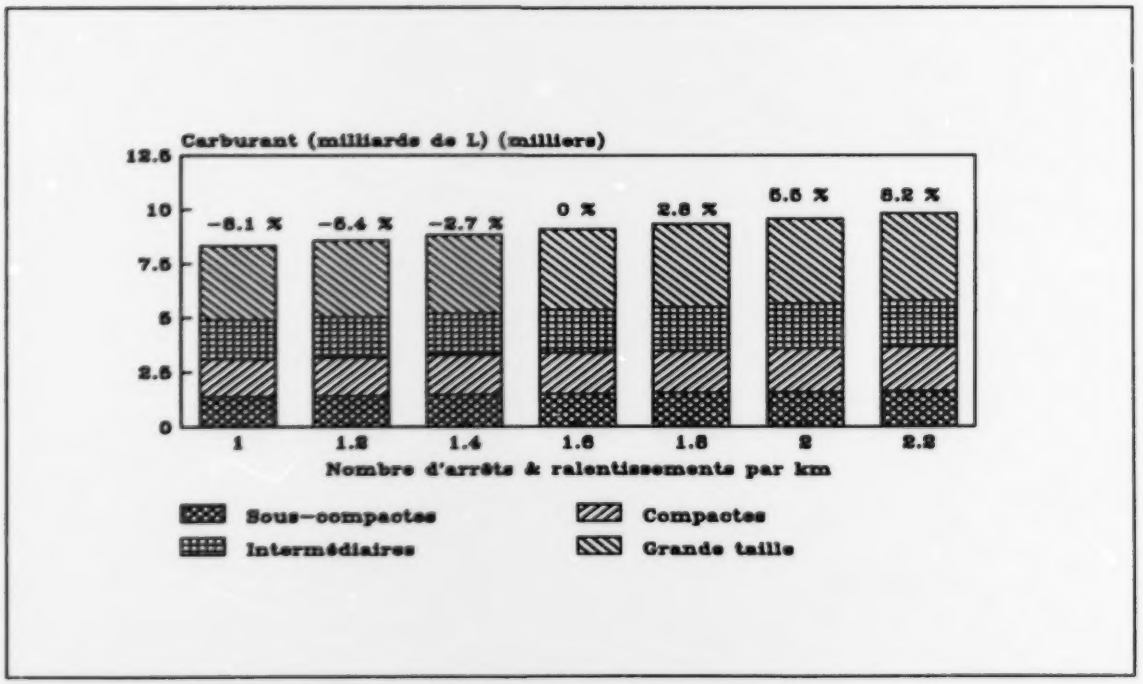


Figure 6 Effet des arrêts et des ralentissements importants sur la consommation de carburant des voitures de tourisme dans les rues

3.1.5. De la rue à la voie rapide

Une façon de réduire le nombre d'arrêts et les temps d'arrêt et de favoriser les vitesses élevées est de construire davantage de voies rapides dans les villes, ce qui invite les automobilistes à passer des rues à celles-ci. La Figure 7 montre l'effet de différentes répartitions des déplacements faits dans les rues et sur les voies rapides. La consommation totale de carburant ne diminuerait que de 1,2 % si le nombre d'automobilistes circulant sur les voies rapides passait dès 7,7 % actuels à 15 % (en supposant que les facteurs liés à la vitesse d'utilisation sont les mêmes). La consommation totale de carburant changerait peu, car la différence de consommation entre les rues (12,4 L/100 km) et les voies rapides (10,5 L/100 km) n'est pas très grande, situation vraisemblablement attribuable à la congestion sur les voies rapides en périodes de pointe.

3.2 Routes et autoroutes rurales

En raison de la résistance de l'air, la consommation de carburant s'accroît plus rapidement à de hautes vitesses qu'à de faibles vitesses. Les limites de vitesse inférieures imposées sur les routes rurales favorisent les économies d'énergie et la sécurité,

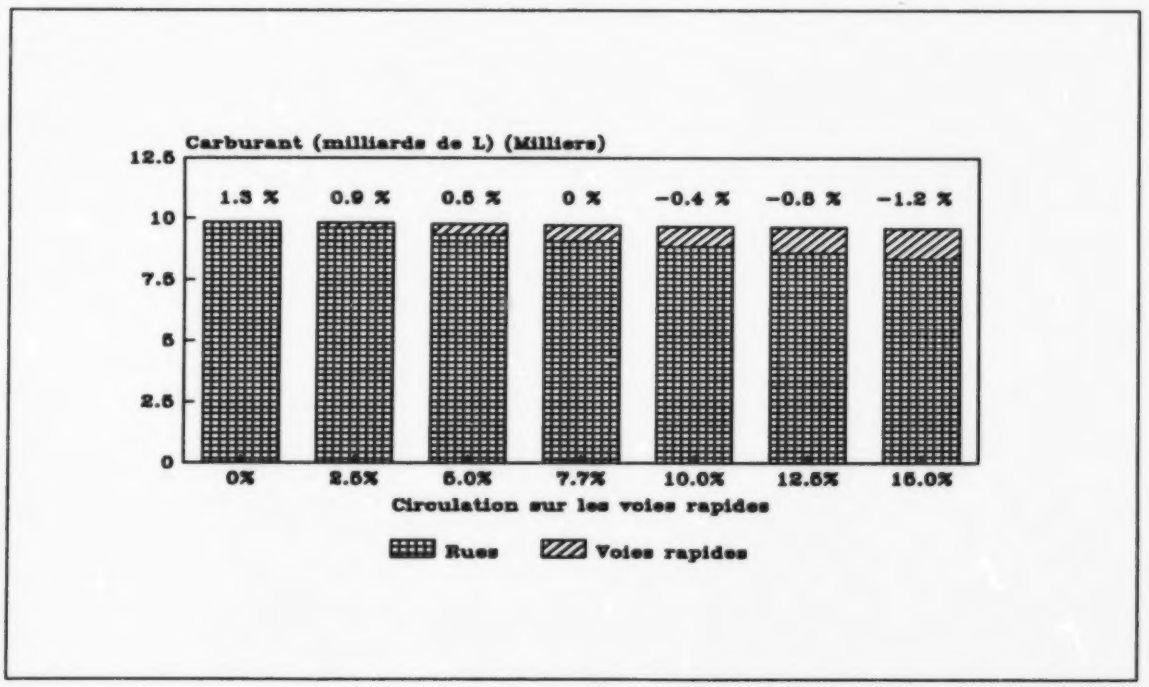


Figure 7 Effet du passage de la rue à la voie rapide sur la consommation totale de carburant des voitures de tourisme

mais allongent le temps de déplacement. Le programme permet d'évaluer aisément l'effet de la variation des vitesses moyennes de déplacement sur la consommation de carburant. La Figure 8 indique les taux moyens de consommation de carburant et le temps de déplacement pour diverses vitesses moyennes.

La consommation moyenne de carburant sur les autoroutes rurales (vitesse moyenne de 85 km/h) ne dépasse que de 2,8 % la consommation sur les routes rurales (vitesse moyenne de 65 km/h). Cependant, il faut mettre 24 % plus de temps pour franchir la même distance sur la route rurale. Par conséquent, cette analyse de la consommation de carburant et des temps de déplacement met en lumière un argument de poids en faveur de l'augmentation des limites de vitesse sur les routes rurales, quoiqu'il faille tenir compte de la sécurité à ce chapitre.

L'augmentation de la vitesse moyenne sur les autoroutes rurales a un effet très différent. Par exemple, si elle passait de 85 à 105 km/h, la consommation de carburant augmenterait de 15 % et le temps de déplacement serait réduit de 19 %. Il s'ensuit que toute économie de carburant et de temps rendue possible grâce à l'augmentation des limites de vitesse serait beaucoup moins importante sur les autoroutes rurales.

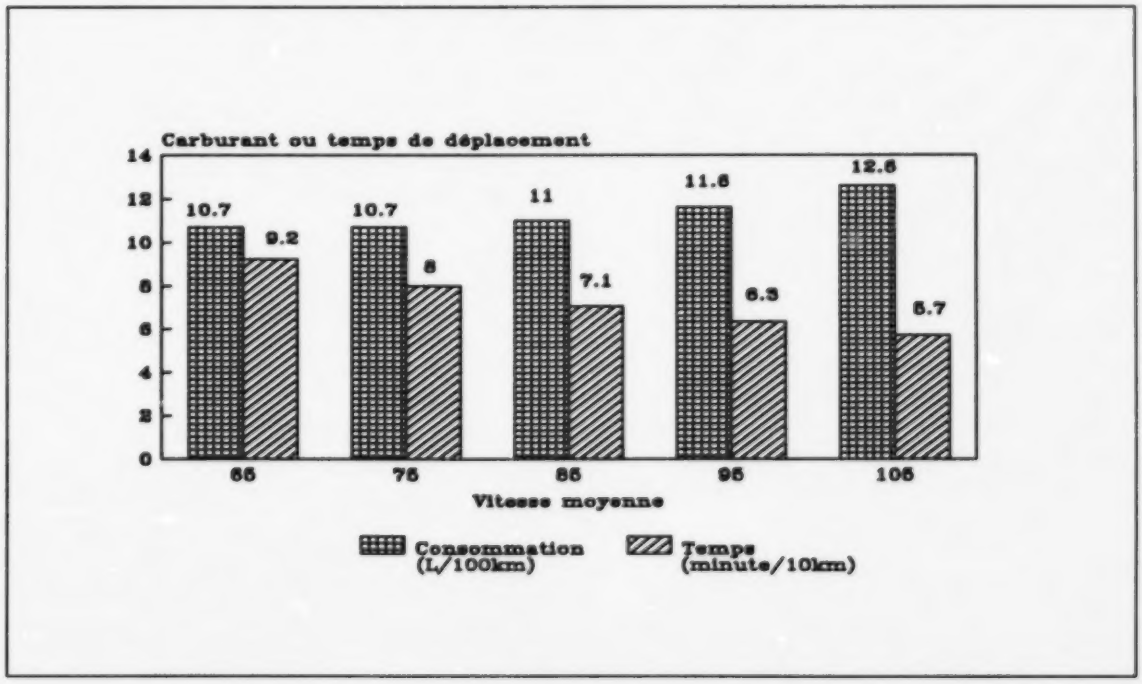


Figure 8 Consommation de carburant moyenne et temps de déplacement moyens des voitures de tourisme à diverses vitesses moyennes de déplacement

3.3 Améliorations techniques apportées aux véhicules

La consommation moyenne de carburant des voitures de tourisme a baissé au cours de la seconde moitié des années 1970 et de la première moitié des années 1980, grâce surtout à la diminution du poids des véhicules. Au cours des six dernières années, les fabricants ont cessé de réduire le poids des véhicules, de sorte que durant cette dernière période les baisses de consommation observées sont survenues grâce à d'autres améliorations techniques, dont certaines des plus importantes se sont manifestées aux chapitres du rendement, de la résistance au roulement, de la traînée aérodynamique et de l'exploitation de la puissance maximale du moteur. Les améliorations techniques mettent toutefois beaucoup de temps à s'infiltrer dans l'ensemble du parc de véhicules et leurs effets bénéfiques tardent d'autant, surtout lorsque l'on sait que la plupart des véhicules roulent durant plus de sept ans et que plus de 60 % des véhicules en usage sont vieux de quatre années ou plus. Même si aucune autre amélioration technique ne voit le jour, la consommation totale de carburant s'améliorera au fur et à mesure que les vieux véhicules "énergivores" seront envoyés à la ferraille.

Les améliorations techniques survenues (depuis 1987) influent sur la consommation de carburant des nouveaux véhicules et du parc de voitures. En voici les effets tels qu'observés au bout de trois ans (pour les mêmes distances de déplacement et les mêmes vitesses).

3.3.1 Cylindrée et rendement du moteur

La cylindrée du moteur a un étroit rapport avec l'intensité du frottement à l'intérieur du moteur et son influence la plus évidente est sur la consommation de carburant nécessaire au fonctionnement du moteur. Le rendement est mesuré d'après la quantité d'énergie thermique nécessaire pour faire fonctionner le véhicule. La Figure 9 montre les estimations des effets de la modification de la cylindrée et du rendement du moteur. Puisque le rendement joue sur tous les éléments qui contribuent à la consommation de carburant, l'amélioration du rendement influe considérablement sur la consommation de carburant. Étant donné que le frottement des pièces dans le moteur absorbe 40 % de l'énergie du carburant, il s'ensuit que la réduction de la cylindrée du moteur peut engendrer d'importantes économies de carburant.

3.3.2 Traînée aérodynamique

La traînée aérodynamique est déterminée par la superficie du devant du véhicule et par la forme du véhicule; sa mesure est exprimée par le coefficient de traînée aérodynamique. Puisque la superficie du devant du véhicule augmente proportionnellement avec la taille du véhicule, les changements d'une catégorie à l'autre sur ce point sont exclus de la présente étude. Au cours

des dix dernières années, des améliorations appréciables ont permis de réduire la traînée aérodynamique (environ 15 %) et on s'attend que celle-ci diminuera davantage au cours des années à venir. La traînée aérodynamique influe peu sur la consommation de carburant cependant, sauf à des vitesses élevées, comme l'indique la Figure 10. Celle-ci met en rapport les taux de consommation de carburant et les baisses de consommation (%) dues à la diminution du coefficient de traînée aérodynamique, pour la conduite dans les rues ainsi que sur les voies rapides rurales et urbaines. Le coefficient moyen de traînée aérodynamique des véhicules de moins de trois ans en 1987 était de 0,38. La Figure 11 illustre dans quelle mesure l'amélioration du coefficient influe sur la consommation de carburant du parc de nouvelles voitures de tourisme trois ans plus tard.

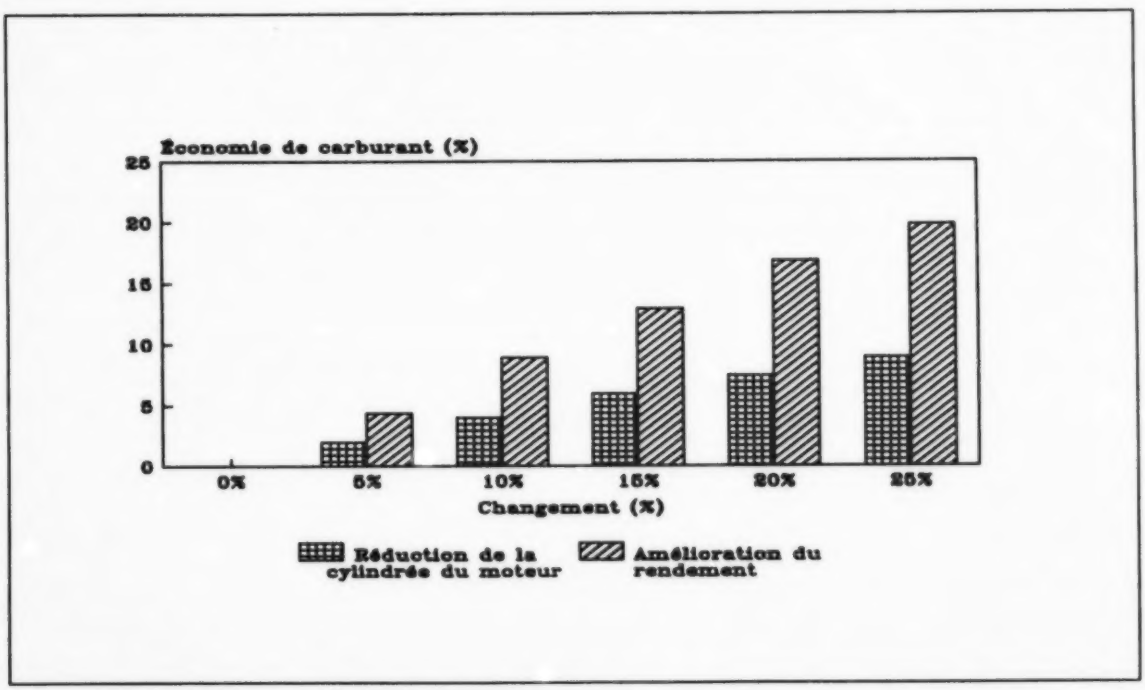


Figure 9 Économies de carburant réalisables au volant des nouvelles voitures de tourisme grâce à la réduction de la cylindrée du moteur et à l'amélioration du rendement

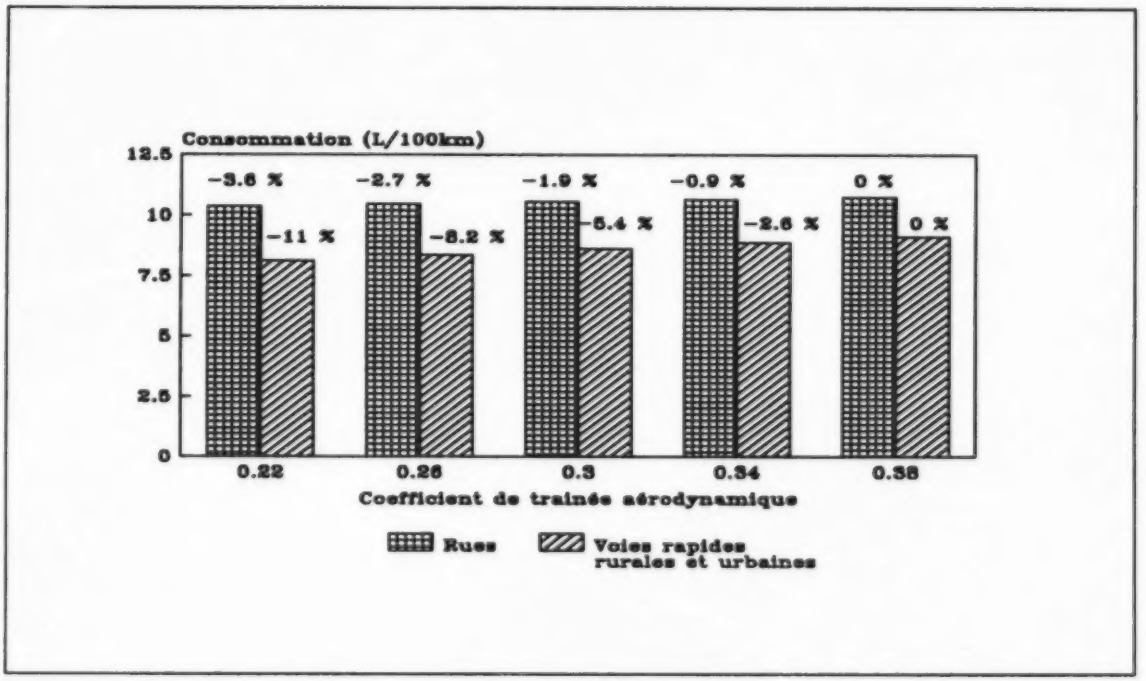


Figure 10 Effet de l'amélioration du coefficient de traînée aérodynamique sur la consommation de carburant des nouvelles voitures de tourisme

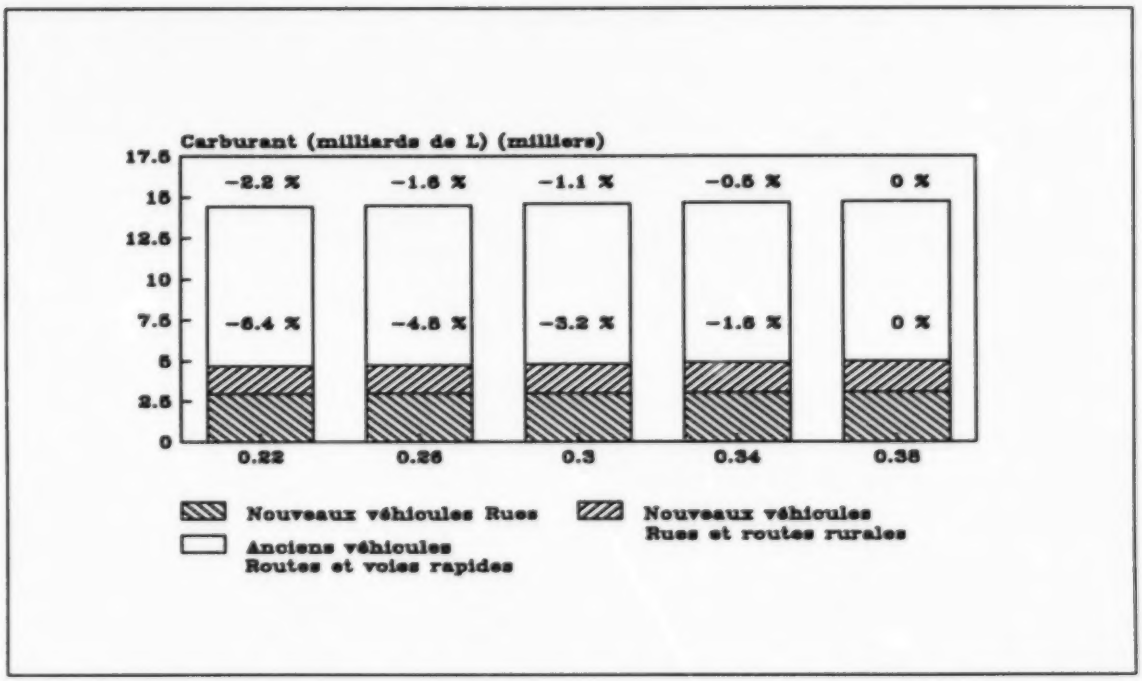


Figure 11 Consommation de carburant des voitures trois ans après que le coefficient moyen de trainée aérodynamique soit passé au-dessous de 0,38 *

* Les pourcentages indiqués au-dessus des colonnes indiquent le changement dans la consommation totale de carburant (tous les véhicules). Les chiffres au-dessus des portions hachurées s'appliquent aux nouveaux véhicules seulement.

3.3.3 Poids du véhicule

De 1978 à 1982, le poids moyen des véhicules dans toutes les catégories a diminué sans cesse, mais, depuis, le poids moyen des voitures de tourisme n'a pas changé. Il serait possible de réduire davantage le poids en utilisant des matériaux légers tels que l'aluminium et les plastiques, mais les aspects économiques ne sont pas favorables à leur emploi pour l'instant. La Figure 12 illustre les taux moyens de consommation de carburant de chaque catégorie de véhicule pour des diminutions de poids de 0, 10 et 20 %. Une baisse de poids de 10 % engendre, en moyenne, une diminution de 3,8 % de la consommation.

L'effet de la diminution du poids sur la consommation de carburant du parc de voitures au bout de trois ans est exposé à la Figure 13. On peut constater que même si la modification du poids des nouveaux véhicules peut avoir un effet très appréciable, la consommation de carburant du parc de voitures change peu au bout de trois ans. Néanmoins, l'effet bénéfique de la diminution du poids se manifestera durant bon nombre d'années encore.

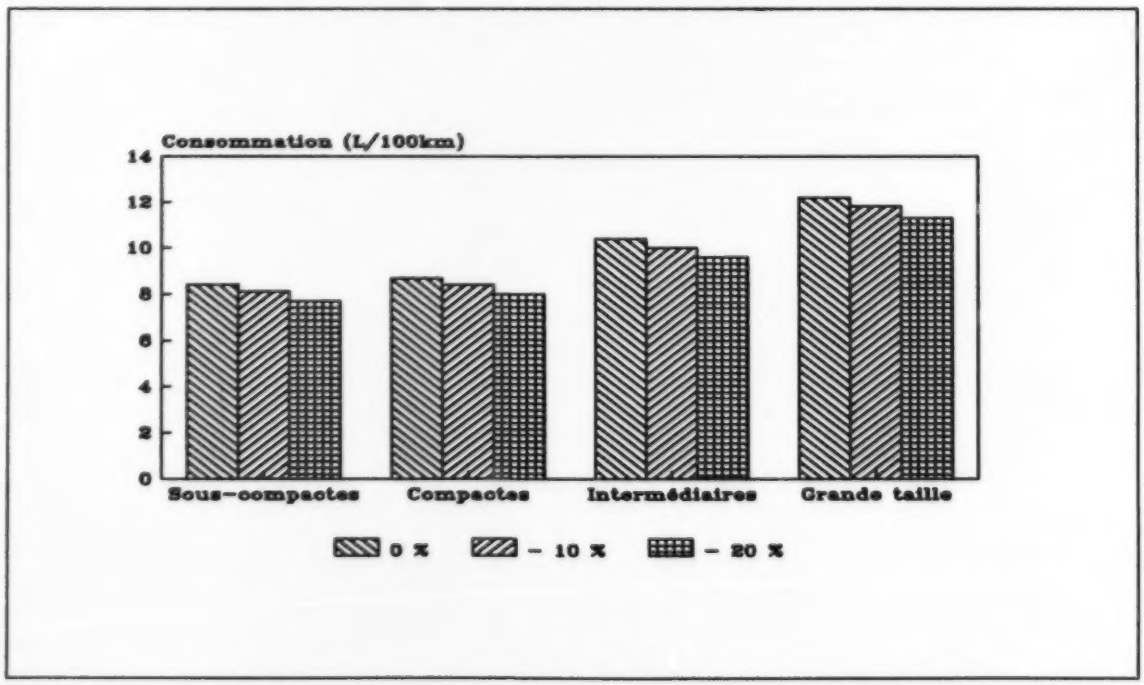


Figure 12 Effet de la modification du poids des nouvelles voitures de tourisme sur la consommation de carburant

3.3.4 Comparaison des effets de diverses améliorations techniques

À la Figure 14, les améliorations étudiées ci-avant sont comparées à plusieurs autres améliorations techniques. La première colonne, intitulée "Freins", indique la capacité d'emmagasiner pour plus tard une partie de l'énergie dissipée aux freins. La récupération de 30 % de cette énergie dissipée permettrait de réduire de 7 % la consommation de carburant. La deuxième colonne, "Sans ralenti", indique le volume de carburant économisé grâce à l'interruption de l'alimentation du moteur lorsque le véhicule est arrêté. Il est supposé que le moteur peut être redémarré sans supplément d'essence. Les autres colonnes indiquent les économies que l'on peut réaliser en améliorant de 10 % l'efficacité et en réduisant de 10 % la cylindrée du moteur (moins de frottement), le poids, la résistance de roulement et la traînée aérodynamique. Ensemble, ces changements feraient baisser de 29 % la consommation de carburant des nouveaux véhicules. Pour de plus amples renseignements sur les améliorations techniques et sur leurs effets sur la consommation de carburant, consultez Bumby et al. [9] et Watson [10].

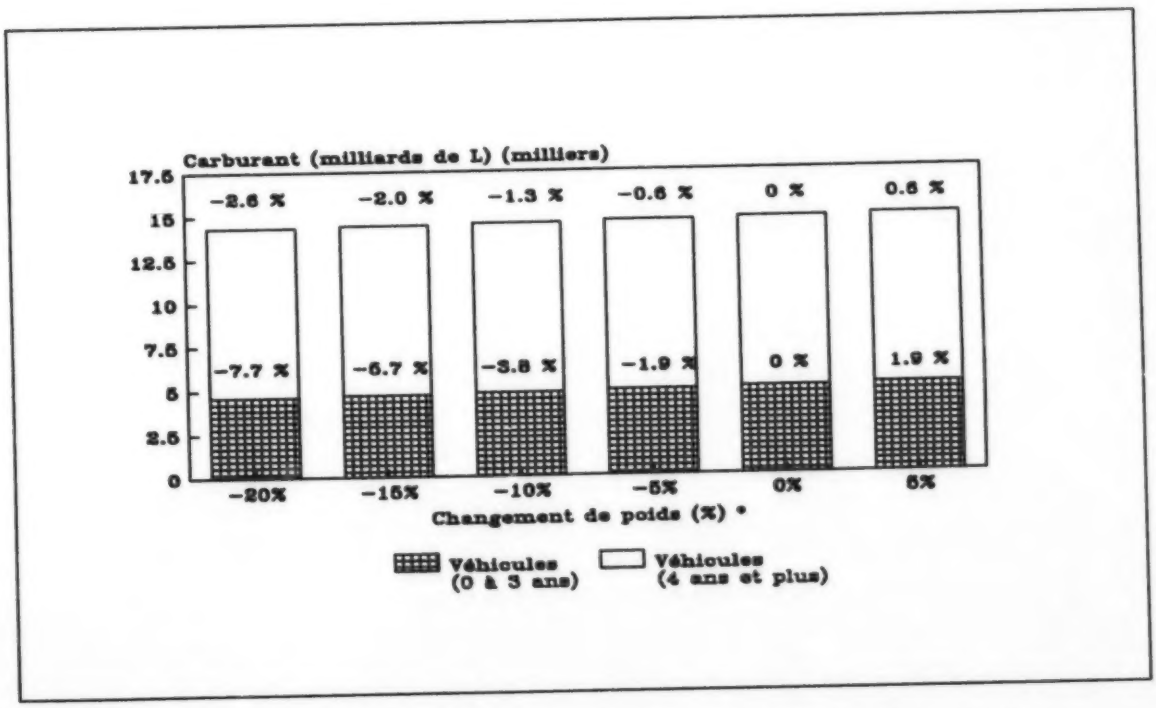


Figure 13 Consommation de carburant du parc de voitures de tourisme trois années après la modification du poids des véhicules

3.4 Choix du véhicule et entretien des pneus

3.4.1 Choix du véhicule

Le choix du véhicule influe considérablement sur la consommation de carburant du parc de voitures, comme l'illustre la Figure 2. Par exemple, si tous les déplacements urbains étaient faits à bord de sous-compactes, en comparaison de l'ensemble actuel de tous les genres de véhicules, la consommation de carburantdes voitures de tourisme utilisées en ville baisserait de 40 %. Notons que chaque véhicule choisi satisfait à un certain nombre de besoins et que, par conséquent, ce véhicule est souvent utilisé dans d'autres situations où l'usage d'un autre type de véhicule serait beaucoup plus rentable au point de vue du carburant.

Voyons maintenant ce qu'il adviendrait de la consommation de carburant si un pourcentage fixe de conducteurs de voitures de chaque catégorie choisissait une voiture de plus petite taille (changement vers le bas) ou de plus grande taille (changement vers le haut). Il faut supposer que les conducteurs de voitures sous-compactes et de voitures de grande taille doivent conserver leurs voitures lorsque le changement est vers le bas ou vers le

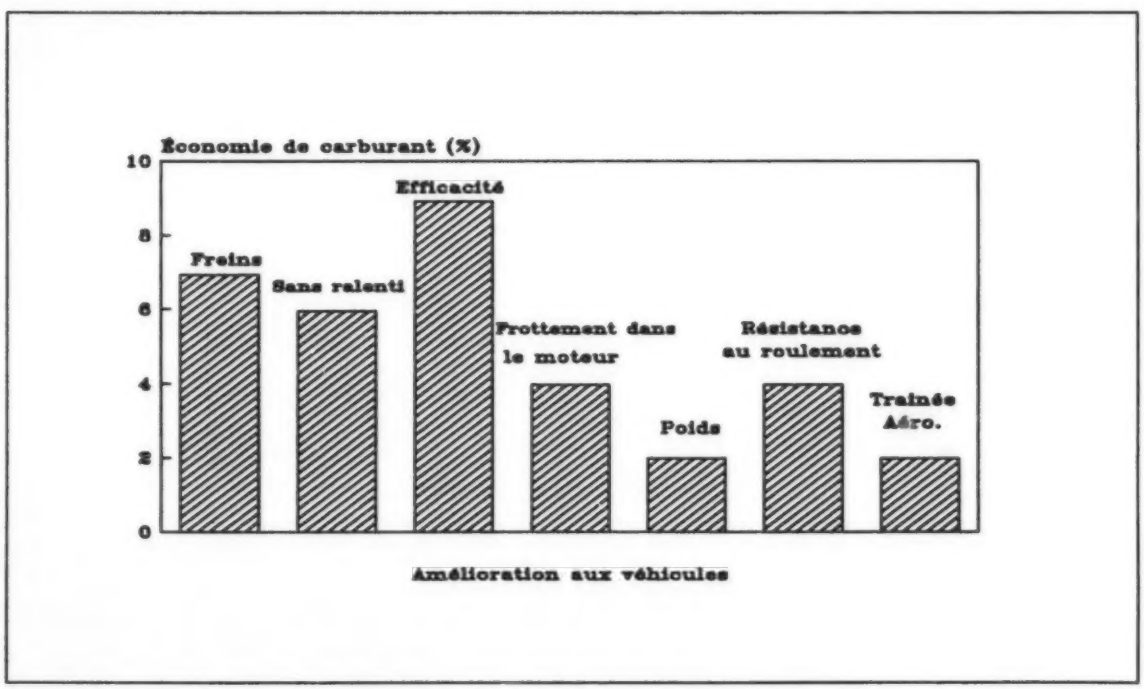


Figure 14 Comparaison des estimations des effets des améliorations techniques sur la consommation de carburant des nouvelles voitures

haut respectivement. Les taux de consommation de carburant de voitures de chaque catégorie ne changent pas (voir la Figure 2), mais les distances parcourues par les voitures de chaque catégorie changent. Comme l'indique la Figure 15, la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme change lorsque change le pourcentage des déplacements faits à bord d'un nombre accru de petits véhicules ou de grands véhicules. Les changements probables d'une catégorie de véhicules à l'autre influent peu sur la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme.

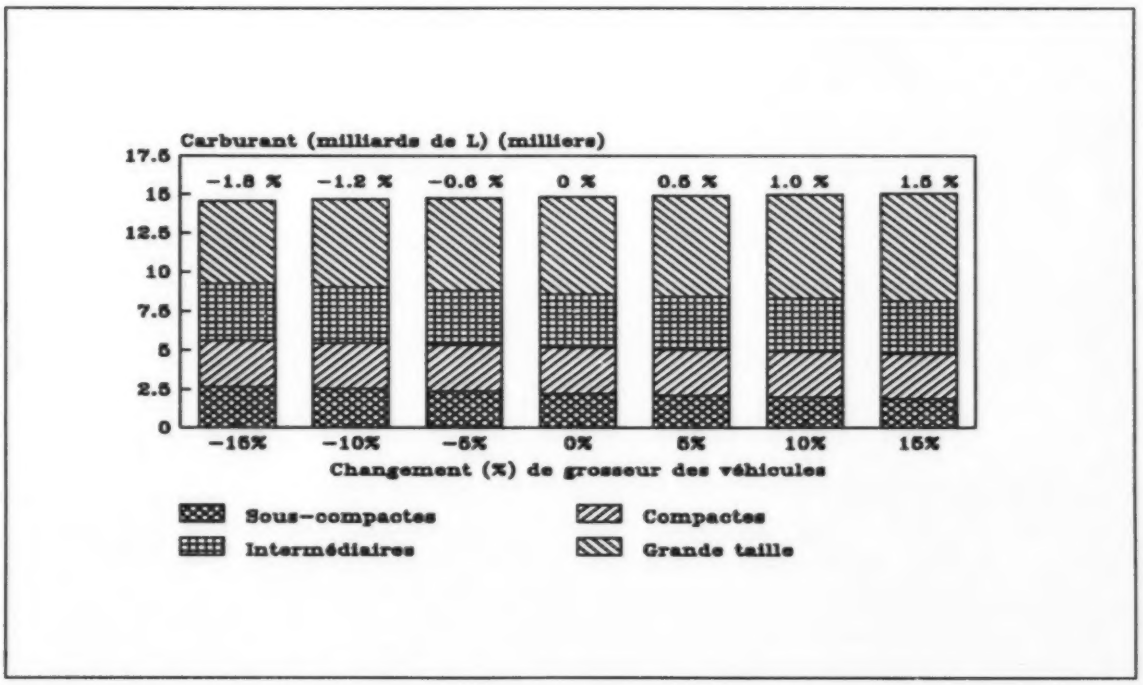


Figure 15 Effet de l'utilisation d'un nombre accru de voitures plus petites ou plus grandes sur la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme

3.4.2 Type de pneus et pression d'air

Le programme aide à déterminer dans quelle mesure le choix du pneu, radial ou diagonal, et une pression d'air incorrecte influent sur la résistance au roulement et sur la consommation de carburant. La Figure 16 montre ces effets pour chaque tranche d'âge et pour toutes les voitures de tourisme. L'utilisation des pneus diagonaux n'a un effet appréciable que sur la consommation de carburant des vieilles voitures, car presque toutes les nouvelles voitures sont chaussées de pneus radiaux. Lorsque les pneus ne sont pas gonflés à la pression recommandée, la consommation annuelle de carburant du parc de voitures de tourisme augmente de 0,7 %, soit 110 millions de litres.

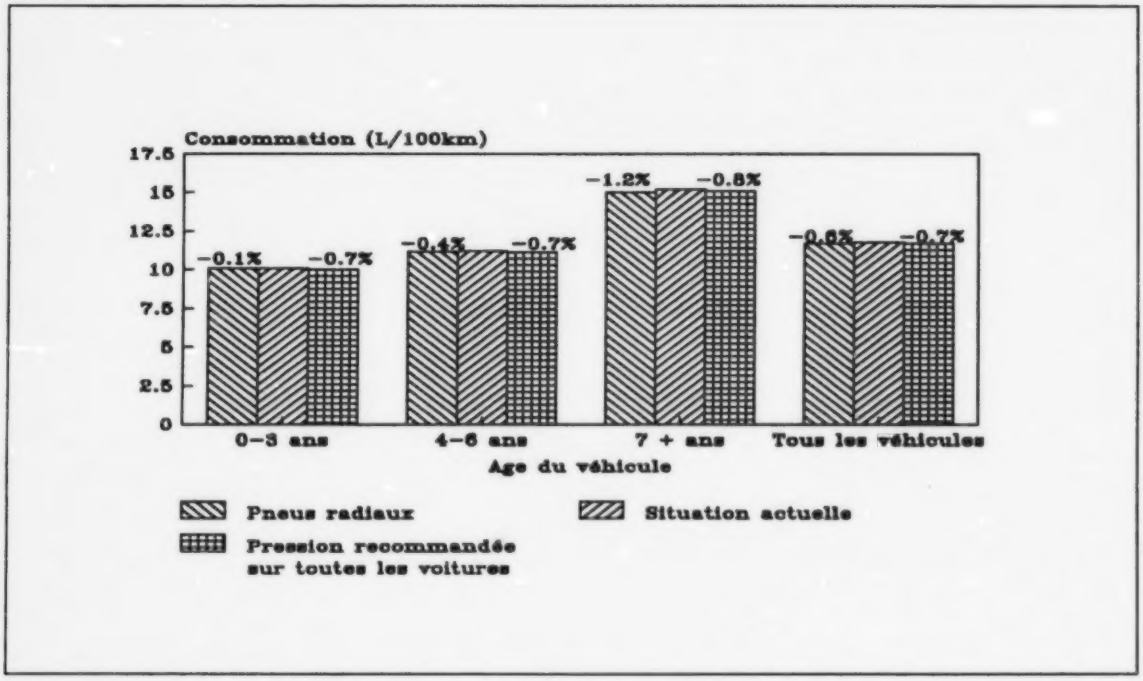


Figure 16 Changement de la consommation de carburant lorsque toutes les voitures de tourisme sont chaussées de pneus à carcasse radiale gonflés à la pression recommandée

4. CONCLUSIONS

Le programme d'estimation de la consommation de carburant du parc de voitures de tourisme permet de déterminer aisément ce qu'il advient de la consommation de carburant lorsque les caractéristiques du véhicule, l'usage qu'on en fait et la vitesse d'utilisation changent, qu'il s'agisse de l'effet individuel de chaque changement ou de l'effet conjugué de plus d'un changement. Les exemples expliqués dans ce rapport témoignent du grand éventail d'applications du programme et font connaître l'ordre de grandeur des économies de carburant correspondantes.

Le degré de précision du modèle de simulation de la consommation de carburant et la large gamme des facteurs dont ce modèle rend compte garantissent la précision des estimations des effets que ces facteurs peuvent avoir sur la consommation de carburant. Cependant, faute de données cohérentes sur l'importance des démarrages à froid, le programme ne permet pas de modéliser l'effet de ces démarrages sur la consommation de carburant, ce qui fait que les estimations de la consommation de carburant sont, en moyenne, de 10 % inférieures à la consommation réelle observable. Il faudra consacrer de plus amples recherches aux démarrages à froid avant de pouvoir élaborer un modèle fiable de simulation des effets des démarrages à froid sur la consommation de carburant et d'intégrer ce modèle au programme.

Ce programme devrait constituer une aide précieuse aux planificateurs et aux administrateurs qui, dans les secteurs du transport routier et de l'énergie, sont chargés de prévoir les tendances de la consommation de carburant du parc des voitures de tourisme et de sonder les effets à long terme de la modification des caractéristiques, de l'usage et de la vitesse d'utilisation des véhicules.

SOURCES

[1] STATISTIQUE CANADA — Bulletin trimestriel - Disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1987-III à 1988-II, publication de Statistique Canada n° 57-003 au catalogue.

[2] JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L. ET WRIGHT, P.B. — Global temperature variations between 1861 and 1984. Nature, Vol. 322, n° 31, 430-34, juillet 1986.

[3] ENVIRONNEMENT CANADA — Modification et variabilité du climat. Fiche d'information, Service de l'environnement atmosphérique, 1986, n° En57-24/11-1986F au catalogue.

[4] ENVIRONNEMENT CANADA — Les gaz de l'effet de serre. Fiche d'information, Service de l'environnement atmosphérique, 1988,n° En-57-24/12-1986F au catalogue.

[5] ENVIRONNEMENT CANADA — Les effets du réchauffement mondial. Fiche d'information, Service de l'environnement atmosphérique, 1988, n° En57-24/13-1986F au catalogue.

[6] BIGGS, D.C. — Passenger car fleet fuel consumption program. Rapport préparé par le Bureau des conseillers en gestion, Approvisionnement et Services Canada, pour le compte de Transports Canada, décembre 1988.

[7] STATISTIQUE CANADA — Enquête sur la consommation de carburant, automobiles, camionnettes et fourgonnettes, 1986. Programme des enquêtes spéciales, Division des enquêtes-ménages, publication de Statistiques Canada, n° 53-007 au catalogue.

[8] LAY, M.G. — Source Book for Australian Roads. Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria, 1984.

[9] BUMBY J.R., CLARKE, P.H., FORSTER, I. ET SHAKIB, N. — Computer modelling of spark ignition engined cars showing what fuel economy is feasible by the year 2000. Society of Automotive Engineers. SEA Tech Paper Series 841242, 1984.

[10] WATSON, H.C. — Prospects for year 2000 car design. Proc. Australian Road Research Board Conf. 14(3), pp. 268-79, 1988.